

Научный центр «LJournal»

Рецензируемый научный журнал

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

№106, Февраль 2024
(Часть 9)



Самара, 2024

T33

Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования» №106, Февраль 2024 (Часть 9) - Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024 - 248 с.

doi: 10.18411/trnio-02-2024-p9

Тенденции развития науки и образования - это рецензируемый научный журнал, который в большей степени предназначен для научных работников, преподавателей, доцентов, аспирантов и студентов высших учебных заведений как инструмент получения актуальной научной информации.

Периодичность выхода журнала – ежемесячно. Такой подход позволяет публиковать самые актуальные научные статьи и осуществлять оперативное обнародование важной научно-технической информации.

Информация, представленная в сборниках, опубликована в авторском варианте. Орфография и пунктуация сохранены. Ответственность за информацию, представленную на всеобщее обозрение, несут авторы материалов.

Метаданные и полные тексты статей журнала передаются в наукометрическую систему ELIBRARY.

Электронные макеты издания доступны на сайте научного центра «LJournal» - <https://ljournal.org>

© Научный центр «LJournal»
© Университет дополнительного
профессионального образования

УДК 001.1
ББК 60

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черноятов Александр Михайлович

Кандидат экономических наук, Профессор

Царегородцев Евгений Леонидович

Кандидат технических наук, доцент

Пивоваров Александр Анатольевич

Кандидат педагогических наук

Малышкина Елена Владимировна

Кандидат исторических наук

Ильященко Дмитрий Павлович

Кандидат технических наук

Дробот Павел Николаевич

Кандидат физико-математических наук, Доцент

Божко Леся Михайловна

Доктор экономических наук, Доцент

Бегидова Светлана Николаевна

Доктор педагогических наук, Профессор

Андреева Ольга Николаевна

Кандидат филологических наук, Доцент

Абасова Самира Гусейн кызы

Кандидат экономических наук, Доцент

Попова Наталья Владимировна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ханбабаева Ольга Евгеньевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, Доцент

Вражнов Алексей Сергеевич

Кандидат юридических наук

Ерыгина Анна Владимировна

Кандидат экономических наук, Доцент

Чебыкина Ольга Альбертовна

Кандидат психологических наук

Левченко Виктория Викторовна

Кандидат педагогических наук

Петраш Елена Вадимовна

Кандидат культурологии

Романенко Елена Александровна

Кандидат юридических наук, Доцент

Мирошин Дмитрий Григорьевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Ефременко Евгений Сергеевич

Кандидат медицинских наук, Доцент

Шалагинова Ксения Сергеевна

Кандидат психологических наук, Доцент

Катермина Вероника Викторовна

Доктор филологических наук, Профессор

Полицинский Евгений Валериевич

Кандидат педагогических наук, Доцент

Жичкин Кирилл Александрович

Кандидат экономических наук, Доцент

Пузыня Татьяна Алексеевна

Кандидат экономических наук, Доцент

Ларионов Максим Викторович

Доктор биологических наук, Доцент

Афанасьева Татьяна Гавриловна

Доктор фармацевтических наук, Доцент

Байрамова Айгюн Сеймур кызы

Доктор философии по техническим наукам

Лыгин Сергей Александрович

Кандидат химических наук, Доцент

Заломнова Светлана Петровна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Биймурсаева Бурулбубу Молдосалиевна

Кандидат педагогических наук, Доцент

Радкевич Михаил Михайлович

Доктор технических наук, Профессор

Гуткевич Елена Владимировна

Доктор медицинских наук

Матвеев Роман Сталинарьевич

Доктор медицинских наук, Доцент

Аирапов Баходурджон Пулотович

Кандидат филологических наук, Доцент

Шамутдинов Айдар Харисович

Кандидат технических наук, Профессор

Найденов Николай Дмитриевич

Доктор экономических наук, Профессор

Романова Ирина Валентиновна

Кандидат экономических наук, Доцент

Хачатурова Карине Робертовна

Кандидат педагогических наук

Кадим Мундер Мулла

Кандидат филологических наук, Доцент

Григорьев Михаил Федосеевич

Кандидат сельскохозяйственных наук

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ XIX. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	8
Абдуллаев А.Р., Алхасов И.Э. Экспериментальные исследования зависимости прочности стенки двутавровых железобетонных балок от длины зоны среза при действии поперечных сил.....	8
Бакланов А.А., Сафин М.А. Автоматизация процессов контроля транспортировки природного газа.....	11
Балабонин Г.С., Никифоров И.А. Схемы превращения компонентов вакуумного газойля для моделирования процесса гидрокрекинга.....	14
Беспалов В.В., Клочкова Н.С. Методика проверки влияния погрешности зацепления дискового шевера с обрабатываемым зубчатым колесом на циклическую погрешность зубцовой частоты цилиндрических зубчатых колес.....	17
Воробьев В.И., Моисеев М.А. Применение аммиака в условиях современных газовых турбин.....	20
Глазачев А.О., Павлов С.Ю., Иванова О.В., Халиков Р.М. Синергетические технологии конструирования износостойких слоев асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.....	22
Глазков Ю.Е., Глазков В.Ю., Букина М.А. Устройство для внесения консерванта в силосуемые корма.....	25
Горобец О.О., Спасских И.А. Исследование возможности применения смеси неактивного и активного гипса.....	28
Евстропов А.М., Нажимова Н.А. Проектирование экспертной системы для АИС «Микрон» в области микроэлектроники.....	31
Жук Т.В. Технологические решения для эффективной интеграции внешних приложений в 1С.....	34
Какорин И.А. Перспективы и проблемы использования технологии блокчейн в информационной безопасности.....	36
Кондратьева Н.П., Большин Р.Г. Модернизация цифровой системы автоматического управления электроустройства с использованием элементов искусственного интеллекта.....	38
Кузнецов А.В., Ашрятов А.А. Особенности проектирования схем питания для светодиодных автомобильных ламп.....	42
Мамбетова С.Р., Золотарев Г.А., Бахтиярова А.В., Пименов С.Д. Характеристика и применение наноцеллюлозы.....	45
Мартынов Д.Д., Салюк Д. И. Теория живучести сложных технических систем. Основные положения.....	48
Медведева М.В., Титаренко Н.В. Мотивация на внеурочной деятельности технических направлений.....	53
Меньшиков А.В., Бердникова Е.А., Демина Л.Н. Направления совершенствования составов керамических масс для производства облицовочной керамики.....	55
Муртузов М.М., Абдуллаев А.Р., Халилов С.Х. Особенности перехода на BIM-моделирование в строительстве с использованием отечественных программных комплексов.....	58
Нечоса Н.Ю., Егорова И.П. Расчет основных параметров для подбора насосного оборудования.....	61
Павлов И.П. Обеспечение надежности и устойчивости систем теплоснабжения.....	65
Панченко А.Н. Защита мобильных устройств.....	68

Панченко А.Н. Использование биометрических данных: поиск баланса между удобством и конфиденциальностью.....	70
Панченко А.Н. Особенности аутентификации с помощью паролей.....	73
Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б. Оценка эффективности системы управления охраной труда предприятия методом GAP-анализа	76
Рожков К.М. Детализация данных и построение сплит-моделей.....	80
Рожков К.М. Классификация астероидов по данным NASA	84
Ружицкая О.А., Словцов А.А., Поплавская А.С. Гальваника и экосистема: проблематика и стратегии нейтрализации опасных стоков в России и мире	89
Сальникова Н.А., Реклер Е.Н. Методы классификации с помощью сверточных нейронных сетей	95
Сальникова Н.А., Реклер Е.Н. Обзор сервисов по продвижению Web-ресурсов.....	97
Сафина Л.З., Плотников В.В. Влияние метрологии, стандартизации и сертификации на экономическую безопасность страны	100
Соколов Б.С. Выбор наиболее оптимального типа заглубленной строительной конструкции усиления основания фундаментов	103
Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф. Микропроцессорный терморегулятор	107
Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф. Релейно-импульсный терморегулятор.....	111
Федоркина И.А., Курбатов В.А. Многоуровневый мониторинг окружающей среды	114
Шапкарина Е.И. Инженер высшего ранга. К 160-летию академика А.Н. Крылова	129
РАЗДЕЛ XX. МАТЕМАТИКА.....	132
Антоновская О.Г., Бесклубная А.В. Исследование синхронизации квазигармонического осциллятора типа Ван дер Поля	132
Антоновская О.Г., Журавлева Т.В. Математические методы в исследовании динамики системы с комбинированным частотно-фазовым управлением.....	136
Артеха С.Н. Метод скрытых параметров и параметрическое решение некоторых диофантовых уравнений.....	143
Воронкин Б.А. Андрей Николаевич Колмогоров – человек, сделавший анализ азартных игр новой математической наукой.....	153
Мельникова Н.Р. Метод проектов на уроках теории вероятности и статистики в 7-8 классах	156
Пастухов Ю.Ф., Пастухов Д.Ф., Волосов К.А. , Чернов С.В. , Пастухов А.Ю , Волосова Н.К., Волосова А.К. Дифференциальные инварианты и тензоры в присоединенных расслоенных пространствах скоростей конечного порядка: полная производная по времени гладкой функции – тензор нулевого ранга	158
Петров А.С., Кремлева Э.Ш. Важность изучения, роль и применение дискретной математики в науке и жизни	163
Ратцев А.Р. Сравнительный регрессионный анализ потребления контента	171
РАЗДЕЛ XXI. ФИЗИКА.....	178
Гончаров А.И. Оценка корреляций в простейших классических моделях экспериментов с запутанными фотонами	178
Кошман В.С. О возможности включить в описание движения Вселенной необратимость, события и стрелу времени.....	181

Кошман В.С. Результаты измерения реликтового излучения, законы гравитации и вопросы эволюции нашей Вселенной	186
РАЗДЕЛ XXII. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	193
Игнатков Н.Д. Анализ принципов работы существующих устройств и средств измерения оптических элементов	193
РАЗДЕЛ XXIII. МЕХАНИКА	196
Машкин А.Л., Борисов Ю.В., Борисов В.М. Притяжение и тяготение в механике.....	196
Пожалостин А.А., Гончаров Д.А., Паншина А.В. Колебания струны на свободной поверхности жидкости в баке	199
РАЗДЕЛ XXIV. МАШИНОСТРОЕНИЕ	204
Белоусов И.А., Краснова М.Н. Образование нароста и его влияние на качество поверхности при обработке резанием алюминиевых сплавов.....	204
Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М. Особенности процесса SLA 3D-печати гибкими эластомерами	207
Синицын С.А., Тихомирова Е.Б. Универсальная методика информационных оценок при моделировании циклических поверхностей.....	210
Сотников А.С., Краснова М.Н. Фрезерование конических поверхностей на деталях из жаропрочных сталей.....	214
РАЗДЕЛ XXV. МОДЕЛИРОВАНИЕ	217
Воронкин Б.А. Обзор основных преимуществ среды динамического моделирования технических систем SimImTech.....	217
Глущенко С.В. Стохастизм при взаимодействии параметров системы.....	219
Евдошенко О.Ю., Сергеева Е.В., Никифоров И.А. Моделирование печи пиролиза нефти для процесса получения этилена	222
Какорин И.А. Развитие и перспективы применения технологии 3D-печати	225
Сергеева Е.В., Никифоров И.А., Евдошенко О.Ю. Моделирование процессов в печи пиролиза.....	227
РАЗДЕЛ XXVI. ТРАНСПОРТ	230
Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф. Резервы повышения быстродействия системы охлаждения судового двигателя	230
Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф. Совершенствование системы охлаждения судового дизеля	233
РАЗДЕЛ XXVII. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	237
Цой Ю.И., Блинов А.К. К вопросу о непрозрачной защитно-декоративной отделке интерьерных декоративных элементов из древесины.....	237
Цой Ю.И., Блинов А.К. Лессирующая отделка декоративных элементов из древесины цветными лакокрасочными материалами.....	240
Черданцева Е.В. Материалы к изучению заказника «Касмалинский»	243

РАЗДЕЛ XIX. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдуллаев А.Р.^{1,2}, Алхасов И.Э.¹.**Экспериментальные исследования зависимости прочности стенки двутавровых железобетонных балок от длины зоны среза при действии поперечных сил**

¹Дагестанский государственный университет народного хозяйства
²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Махачкалинский филиал,
(Россия, Махачкала)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-476

Аннотация

Статья посвящена экспериментальному исследованию зависимости прочности стенки двутавровых железобетонных балок от длины зоны среза при действии поперечных сил.

По результатам испытаний опытных образцов балок 2-х серий, построены зависимости относительной прочности ($Q/R_b b h_0$) от относительной длины зоны среза (c/h_0) балок I и II серий.

Установлено, что при увеличении пролета среза, прочность стенки балок существенно уменьшается. Так, при увеличении относительной длины зоны среза от 1 до 4 прочность опытных образцов балок снижается на 28÷35%.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, двутавровые железобетонные балки, прочность стенки, длина зоны среза, поперечная сила.

Abstract

The article is devoted to the experimental study of the dependence of the strength of the wall concrete I-beams under the action of shear forces, the length of the cut area and span of beams.

According to the results of tests of prototypes of the beams 2 series, and the dependences of the relative resistance ($Q/R_b b h_0$) from the relative length of the cut area (c/h_0) of beams I and II series.

It is established that with increase of the span of the cut, the strength of the wall beams is significantly reduced. For example, increasing the relative length of the zone of the cut from 1 to 4 strength of test samples of beams is reduced by 28÷35%.

Keywords: experimental study, reinforced concrete I-beams, the strength of the wall, the length of the cut area, the span of beams, shear force.

В двутавровых железобетонных балках с тонкой стенкой и развитыми полками при действии поперечных сил наблюдается особая форма разрушения - раздробление бетона стенки между наклонными трещинами.

Прочность стенки таких балок в зоне действия поперечных сил остается до настоящего времени мало исследованной. Анализ результатов существующих экспериментальных исследований [1,2,3] показывает, что на прочность стенки железобетонных балок существенное влияние оказывает длина зоны среза (расстояние от опоры до груза). Из результатов этих экспериментов следует, что увеличением длины зоны среза балок и соответственно отношения M/Q , прочность стенки существенно снижается (примерно на 20÷25% с увеличением c/h_0 от 1 до 3). Однако, из-за отсутствия достаточно обоснованных предложений, нормы расчета данный фактор не учитывают.

В связи с изложенным, для уточнения величины зависимости прочности стенки от длины зоны среза проведены дополнительные экспериментальные исследования прочности стенки двутавровых железобетонных элементов, при различных схемах загрузки, вызывающих в зонах разрушения элементов различное сочетание изгибающих моментов и поперечных сил.

Были изготовлены и испытаны двутавровые железобетонные балки 2-х серий без предварительного напряжения: однопролетные (I серия-6шт.) и однопролетные с консолями со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов (II серия- 7шт.), на действие сосредоточенных сил В опытных образцах, при прочих постоянных параметрах, варьировались: длина зоны среза от $1h_0$ до $4h_0$ (I и II серия).

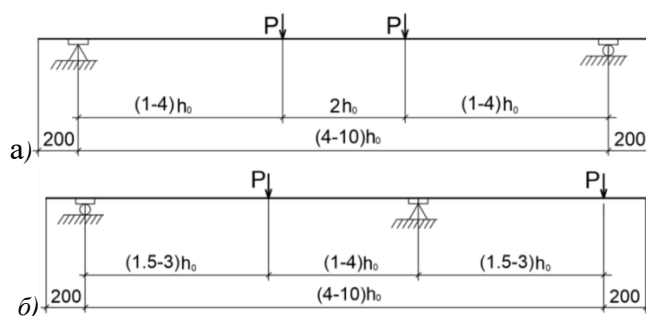


Рисунок 1. Схемы испытания опытных образцов балок: а) I-серии; б) II-серии.

Все балки были изготовлены из тяжелого бетона с кубиковой прочностью $26.1 \div 29,3$ МПа и имели одинаковые размеры поперечного сечения и армирование: продольное армирование нижних полков $4\emptyset 16$ А-500, верхних - $4\emptyset 16$ А-300, поперечное армирование стенки $2 \emptyset 6$ А-300 с шагом 8 см.

При изготовлении образцов особое внимание уделялось качеству заполнителей, тщательности подбора состава бетона, точности изготовления арматурных каркасов и самих образцов. В качестве заполнителей применялись промытый и фракционированный щебень крупностью $5 \div 15$ мм., дробленый и промытый песок фракции $2,5 \div 5$ мм. и морской песок - $0 \div 1.25$ мм. Бетон приготовлен на портландцементе марки 500 с введением 0,2% добавки СДБ и осадку конуса $7 \div 9$ см. Арматурные каркасы опытных образцов с целью обеспечения высокой точности, изготавливались в специальных кондукторах, а сами балки в сборных металлических формах.

Все балки после набора прочности, были испытаны на специальной установке с помощью траверс по трем приведенным на рис.1 схемам. Характеристики и результаты испытания опытных образцов приведены в таблице

Таблица 1.

Характеристики и результаты испытания опытных образцов балок.

Серия	Шифр балки	Относительная длина s/h_0	Размеры сечения (см)		Прочность бетона (МПа)	Разрушающая поперечная сила (кН)	Относительная прочность $\frac{Q^{op}}{R_b b h_0}$
			b	h_0	R_b		
I	БД-I-1	1	5,2	32,1	20,9	163,2	0,468
	БД-I-2	2	5,0	32,0	20,9	128,3	0,384
	БД-I-2д	2	5,0	32,5	20,5	120,8	0,363
	БД-I-3	3	5,3	32,1	21,0	116,0	0,325
	БД-I-3д	3	5,0	32,3	20,5	111,0	0,335
	БД-I-4	4	5,3	32,3	22,0	116,4	0,309
II	БД-II-1	1	5,1	32,6	19,8	162,6	0,484
	БД-II-2	2	5,0	32,4	19,8	131,2	0,409
	БД-II-2д	2	5,0	32,5	20,2	126,2	0,384
	БД-II-3	3	5,3	32,3	19,8	117,3	0,346
	БД-II-3д	3	5,0	32,0	20,2	115,0	0,356
	БД-II-4	4	5,3	32,0	19,8	112,9	0,336
	БД-II-4д	4	5,2	32,2	22,0	130,0	0,353

Первые трещины появлялись в исследуемых зонах среза балок, где действуют максимальные поперечные силы. При дальнейшем нагружении в стенках балок образовывалась густая сеть почти параллельных трещин, средний угол наклона которых составил $42 \div 45^\circ$, за

исключением балок с длиной среза $1h_0$, где трещины проходили параллельно линии соединяющей точку приложения опорной реакции и сосредоточенной силы и средний угол составил 48° . Усилия образования первых наклонных составляли около $15\div 20\%$ от разрушающих нагрузок.

Все опытные образцы балок разрушились вследствие раздробления бетона стенки, при этом признаков разрушения по наклонным сечениям не обнаружено и полки балок до предельной стадии оставались неповрежденными (рис.2). Разрушение стенки балок обеих серий начиналось, как правило, в зоне, удаленной от сечения с максимальным моментом на расстояние примерно $0,5h_0$.

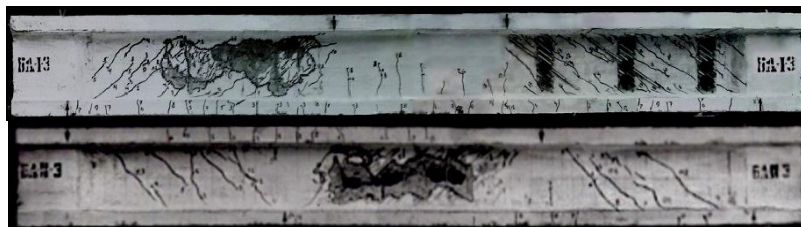


Рисунок 2. Опытные образцы балок после испытания: а) балка I серии ($c/h_0=3$); б) балка II серии ($c/h_0=3$).

По результатам испытаний построены зависимости относительной прочности ($Q/R_b b h_0$) от относительной длины зоны среза (c/h_0) балок I и II серий. Также здесь приведена зависимость относительной прочности от относительного пролета (l/h_0), полученная по результатам испытания образцов балок, проведенных нами ранее [4] (рис. 3).

Как видно из рис.3., и таблицы при увеличении относительной длины зоны среза от 1 до 4 прочность балок I серии снижается на 35%, второй – на 28%. Прочность образцов II серии со знакопеременной эпюрой изгибающих моментов выше прочности балок I серии на $5\div 12\%$ в зависимости от длины зоны среза. При увеличении l/h_0 в образцах III серии от 4 до 10 снижение прочности составило всего $13\div 15\%$, причем при значениях пролета $(6\div 10)h_0$ прочность практически постоянна и близка по значению прочности образцов I серии при $c \approx 1,2h_0$ и в $1,4\div 1,5$ выше их прочности при $c = (3\div 5)h_0$.

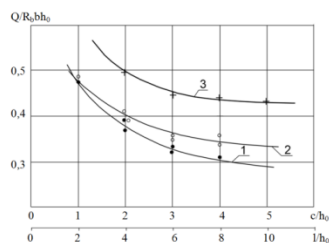


Рисунок 3. Опытные зависимости относительной прочности стенки от длины зоны среза балок I и II серий (1 и 2) и пролета балок (3).

Полученные результаты объясняются влиянием на прочность стенки изгибающих моментов, а также изменением поперечной силы воспринимаемой сжатой полкой балок. Чем больше длина зоны среза и величина изгибающего момента в зоне разрушения стенки, тем меньше поперечная сила, воспринимаемая в предельной стадии сжатой полкой и стенкой балки. Особенно четко проявляется эта зависимость в балках с равномерно распределенной нагрузкой, где стенка разрушается близко от опоры и соотношение M/Q в зоне разрушения имеет небольшое значение.

1. Алиев Г. С. Прочность и трещиностойкость стенок двутавровых железобетонных балок из тяжелого и облегченного бетонов при действии поперечных сил: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ленинград, 1979.
2. Майлян Р.Л., Алиев Г.С., Залесов А.С. Прочность бетона стенок двутавровых балок между наклонными трещинами // Бетон и железобетон. – 1980. – №5. – С.36-38.

3. Алиев Г.С., Аваев Н.М. Экспериментальные исследования зависимости прочности стенок двутавровых железобетонных однопролетных и консольных балок от длины зоны среза //Актуальные вопросы строительства. –Махачкала: ДПТИ, 1995. – С.157-162.
4. Абдуллаев А.Р., Селимханов Д.Н., Ахмедова Р.К. Прочность стенки двутавровых железобетонных балок при действии равномерно- распределенной нагрузки// Тенденции развития науки и образования. – Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2022. – №91. С.9-12.

Бакланов А.А., Сафин М.А.

Автоматизация процессов контроля транспортировки природного газа

*Казанский государственный энергетический университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-477

Аннотация

В данной работе рассматриваются процессы, связанные с организацией транспортировки газа в промышленных масштабах. Разобраны методы автоматизации данных процессов. Отмечены текущие задачи в области контроля качества транспортировки газа через трубопроводный транспорт, приведены варианты решения данных задач. Указана роль искусственного интеллекта в создании автоматизированных систем контроля качества транспортировки природного газа.

Ключевые слова: автоматизация, природный газ, трубопроводный транспорт, контроль качества, цифровые технологии.

Abstract

This paper examines the processes associated with organizing gas transportation on an industrial scale. Methods for automating these processes are discussed. Current problems in the field of quality control of gas transportation through pipeline transport are noted, and options for solving these problems are given. The role of artificial intelligence in the creation of automated quality control systems for natural gas transportation is indicated.

Keywords: automation, natural gas, pipeline transport, quality control, digital technologies.

На сегодняшний день природный газ прочно закрепился как в как наиболее востребованный источник энергии. Природный газ занимает более трети от общего количества добываемых полезных ископаемых, используемых в качестве энергетического сырья, и уровень его потребления будет только увеличиваться. Данная тенденция обусловлена тем, что данный углеводородный носитель наиболее прост в переработке, транспортировке, распределении и хранении. В связи с этим следует отметить, что повышение качества и надежности транспортировки природного газа является актуальной на данный момент задачей энергетической отрасли. Также это подтверждает факт большой протяженности газопроводов. Именно уровень качества транспортировки данного энергетического сырья будет говорить о количествах потерь газа, а также разности давлений в разных точках газопровода. Данное понятие носит комплексный характер и будет определяться рядом показателей, отслеживать которые можно в режиме реального времени диспетчерским пунктом. Однако реализация данных решений невозможна без должного уровня развития цифровых технологий. Рассмотрим существующие решения по автоматизации процессов в газовой промышленности, использующие цифровые технологии.

На сегодняшний день существует множество решений, использующих цифровые технологии, в частности искусственный интеллект, для измерения и прогнозирования изменения параметров и концентраций различных составляющих газа, так и газа в целом, передающегося по магистральному трубопроводу. Подобные параметры можно разделить на физико-химические, эксплуатационные, параметры, связанные с работой самого трубопровода. Однако данные подобные методы могут быть реализованы только на уровне локального контроллера, на основе которых можно построить систему автоматизированного мониторинга процессов. Подобные автоматизированные процессы можно объединить в интеллектуальные системы мониторинга и управления газопроводом, так и комплекс подобных систем, при этом

принятие какого-либо решения будет согласовываться с диспетчерами, и контролироваться ими.

Организация подобной системы может быть следующей. Первый этап представляет собой проведение натуральных измерений параметров посредством использования полевых измерительных устройств. Измеряется температура, среды, в которой находится трубопровод, непосредственно самого газа, его давление. Управление, на данном этапе, устройствами традиционное, с помощью исполнительных механизмов. Особенностью данного этапа является непрерывность измерения показаний.

Второй этап заключается в сборе и обработке данных, полученных на первом этапе, для вычисления косвенных данных, определение которых с помощью измерительно-преобразовательных невозможно физически, или по техническим и финансовым причинам. При помощи искусственного интеллекта можно определить такие параметры как: скорость звука в газе, коэффициент его сжимаемости, вязкость и плотность, параметры гидратообразований и клатратообразований, соотношение газов, эффективность трубопровода, уровень утечек, степень отчистки газа. Данные параметры можно получить за счет натуральных измерений, однако гораздо быстрее данные параметры можно получить путем использования мягких вычислений (рис. 1).

Данная система автоматизированного управления имеет модули на базе нейронных сетей, которые связаны с алгоритмами автоматизации – управление и контроль. Объектом контроля и управления является магистральный газопровод и его оборудование. Контролируемыми сигналами являются показатели качества и параметры потока (P – давление газа в трубе, C – концентрация компонентов газа, t – температура и т.д.) природного газа. Эти сигналы в автоматизированной системе обозначают символами X_i , которые преобразуются в другую группу унифицированных сигналов x_i с помощью преобразователей D_x .

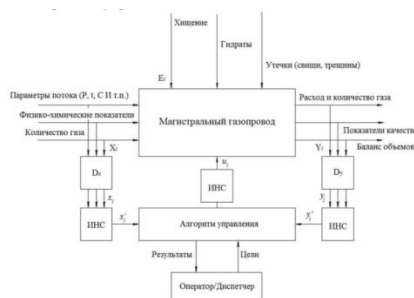


Рисунок 1. Система автоматизированного управления газопроводом на основе методов машинного обучения

Преимуществом цифровых технологий в данном случае является отсутствие необходимости использования дополнительного оборудования. Недостатком является относительная неточность полученных таким образом параметров.

Третий этап заключается в прогнозировании изменений контролируемых параметров, на основе данных полученных при мягких вычислениях. Полученный прогноз позволяет увидеть наиболее полную картину состояния данного трубопровода, и сформировать необходимые рекомендации для диспетчерского поста, в случае возможности развития аварийной ситуации система может принимать решения автоматически [1, 2].

В случае нарушения сведения баланса газов необходимо установить причины. При помощи нейросети и представленной блок-схемы можно производить контроль баланса объемов газа. Большой объем данных о транспортируемых объемах газа может быть использован для построения искусственных нейронных сетей, которые могут быть положены в основу моделей систем автоматизации процессов транспорта газа. На вход таких систем поступают данные с замерных узлов либо промежуточных подсистем контроля расхода газа, которые установлены на отдельных участках магистрального газопровода. В соответствии с алгоритмами поиска причин разбаланса система контроля баланса должна выполнить поочередное отключение промежуточных потребителей на участке, и следить за состоянием нейронов в выходном слое. Нейронная сеть считает баланс объемов газа достаточным, пока в

системе не будет изменен критический порог достаточности, который декларируется целями контракта на поставку газа газовыми операторами. Другими словами, нейронный модуль системы выполняет классификацию возникающего разбаланса газа (UAG), и соотносит результат вычислений с уровнями разбаланса, которые определяются договорными обязательствами (рис.2).

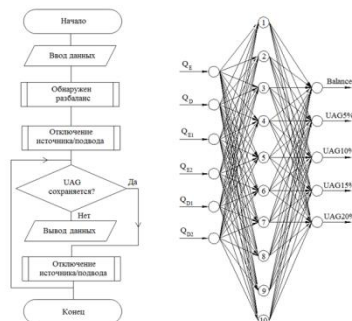


Рисунок 2. Алгоритм работы нейросети, осуществляющей контроль баланса объемов газа в трубопроводе

Где Q_n – расходы газа с каждой ветви газопровода; UAG – величины разбаланса газа в долях относительно запроса исходных данных в нейронную сеть. Важно отметить, что нейронная сеть может давать несколько ответов на один запрос (при определённых заданных данных). Это удобно, если оператору необходимо максимально гибко подойти к настройке работы газопровода.

Развитие подобных интеллектуальных систем контроля параметров газа и магистральных трубопроводов актуализирована стремительным развитием последних, что говорит об увеличении объемов использования природного газа. Однако данный факт имеет обратную сторону, а именно увеличение возлагаемой на оперативно-диспетчерский персонал нагрузки. С увеличением нагрузки возрастают требования к профессионально-психологической подготовке сотрудников диспетчерских пунктов. Данный факт говорит о важности разработки систем, помогающих диспетчерскому персоналу в принятии решений. Интегрирование систем искусственного интеллекта в работу пунктов диспетчерского управления можно рассматривать как закономерный вариант развития данной отрасли.

На данный момент интегрирование данных методов процессы регулирования работы газопроводов невозможно из-за незаконченности теоретической составляющей. Данный факт говорит об отсутствии на данный момент стандартов, регламентирующих создание описанных выше систем автоматизированного диспетчерского управления. На данный момент можно точно утверждать, что искусственный интеллект является наиболее подходящим инструментом для реализации данных методов автоматизированного контроля [1-4].

Подводя итог, можем утверждать, что рассмотренные методы автоматизации контроля выполнения технологических процессов в газовой отрасли являются актуальными и востребованными. Реализация данных методов автоматизации на данный момент видится только в использовании цифровых технологий, в частности искусственного интеллекта. На данный момент для дальнейшего развития данных технологий контроля качества транспортировки природного газа необходима разработка стандартов, определяющая требования к построению систем автоматизации технологических процессов в данной отрасли.

1. Лосева Д. М. Обобщенная структура отказоустойчивого управления технологическими системами транспорта газа // Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова. – 2023. – Т. 1. – С. 8-13.
2. Каскадное управление в газотранспортных системах / Р. С. Иншаков, А. В. Балабуха, А. В. Липатова [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 17.

3. Сафин М. А. Безопасность и автоматизация в условиях нефтегазовой промышленности // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2023. – Т. 8, № 8(34). – С. 32-36.
4. Сафин М. А. Автоматизация бурения и добычи в нефтегазовой промышленности // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 101-4. – С. 32-34. – DOI 10.18411/trnio-09-2023-164.

Балабонин Г.С., Никифоров И.А.

Схемы превращения компонентов вакуумного газойля для моделирования процесса гидрокрекинга

*Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
(Россия, Саратов)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-478

Аннотация

В статье описывается схема превращения вакуумного газойля при проведении процесса гидрокрекинга для получения сжиженных углеводородных газов, нефти, керосина, дизельного топлива и остатка гидрокрекинга.

Ключевые слова: гидрокрекинг, вакуумный газойль, моделирование.

Abstract

The article describes a scheme for processing vacuum gas oil in the hydrocracking process to produce liquefied petroleum gases, naphtha, kerosene, diesel fuel and the residue of hydrocracking.

Keywords: hydrocracking, vacuum gas oil, modeling.

Гидрокрекинг является одним из ключевых процессов в нефтепереработке. Основными реакциями в этом процессе являются гидрокрекинг парафинов, нафтенов, ароматических соединений и гидрирование ароматических углеводородов.

В настоящее время все большее распространение находят методы математического моделирования, реализованные в виде технологических моделирующих систем, которые позволяют оптимизировать технологический режим с учетом динамики процесса и рассчитывать ряд других важных показателей промышленной технологии. В основе разрабатываемых моделей должны лежать физико-химические закономерности превращения углеводородов. Однако при использовании моделирующих программ имеются ограничения на количество реакций и компонентов участвующих в них. Поэтому для более точного выполнения моделирования задаются минимальным набором компонентов, которые бы отражали сущность происходящего процесса. Таким образом, целью данной работы является разработка схемы превращения компонентов вакуумного газойля в процессе гидрокрекинга.

В исследовании [1] представлен анализ вакуумного газойля, где приведено распределение группового состава по количеству атомов углерода (рисунок 1).

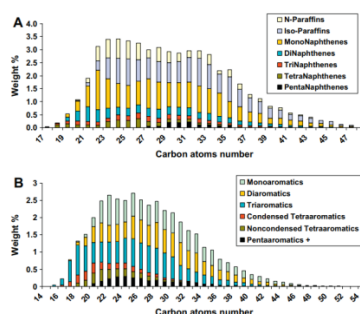


Рисунок 1. Распределение групп углеводородов в вакуумном газойле по числу атомов углерода в соединениях: А) насыщенные углеводороды; В) ароматические углеводороды [1].

В качестве компонентов, отражающего средний состав вакуумного газойля были выбраны углеводороды C_{26} и C_{29} , на основании установленных структур углеводородов будет составлен список возможных реакций, протекающих при проведении процесса гидрокрекинга.

Исходя из данных о составах фракций и распределении группового состава по количеству атомов углерода, полученных в работах [2,3,4] были составлены схемы превращений.

В процессе гидрокрекинга парафинов происходит разрыв С-С связей с образованием соединений меньшей молекулярной массы. Непредельные углеводороды, присутствующие в сырье и образующиеся в результате крекинга, насыщаются водородом.

В работах [5,6] представлены распределения продуктов в процессе гидрокрекинга для алканов с различной длиной цепи, которые были взяты за основу составления схемы.

Несмотря на то, что гидрокрекинг проходит в условиях высокого давления водорода и равновесие для алканов смещено в сторону гидрирования, небольшое количество олефинов может образоваться, что учтено при составлении схем (рисунок 2 и 3) [7].

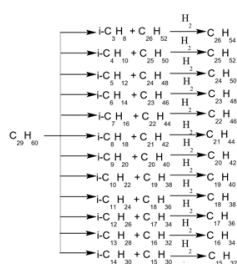


Рисунок 2. Превращение нонакозана в процессе гидрокрекинга.

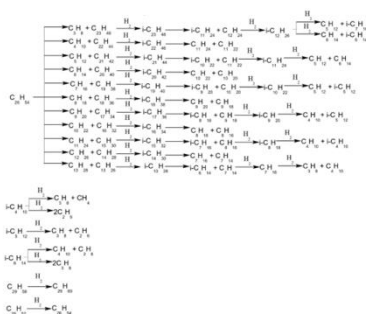


Рисунок 3. Схема превращения парафинов и олефинов в процессе гидрокрекинга.

В процессе гидрокрекинга нефтяных углеводородов происходят реакции гидродеалкилирования и разрыва кольца (рисунок 4). Тетрациклические нафтены представлены стеранами, которые представляют собой конденсированные системы с короткими боковыми цепями [7]. Трициклические нафтены представлены алкильными производными пергидрофенантрена. В исследовании [8] представлен механизм превращения трициклических соединений, который идёт через раскрытие центрального кольца преимущественно с образованием нафтен C_6 - C_8 .

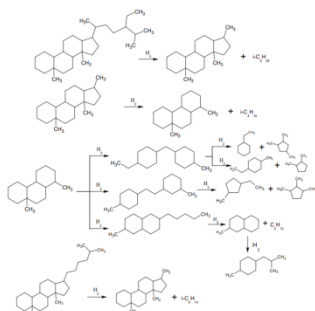


Рисунок 4. Схема превращений тетра- и трициклических нафтен.

Бициклические нафтены преимущественно превращаются в моноциклические (рисунок 5). Высокмолекулярные нафтены с длинным алкильным заместителем в условиях гидрокрекинга подвергаются распаду в боковой цепи.

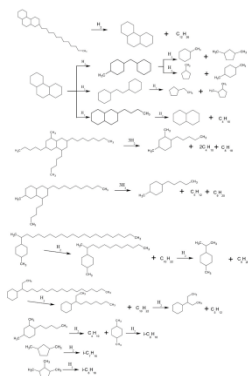


Рисунок 5. Схема превращений три-, би- и моноциклических нафтенов.

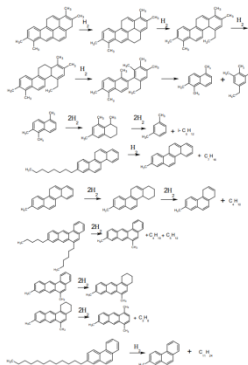


Рисунок 6. Схема превращения пента- и тетрациклических ароматических углеводородов.

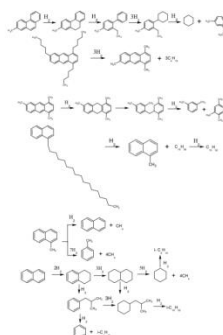


Рисунок 7. Схема превращения три- и бициклических ароматических углеводородов.

Превращение ароматических углеводородов и распределение продуктов при гидрокрекинге выделенной ароматической фракции подробно рассмотрено в исследовании [9]. По результатам работы, выявлено, что алкилполиароматические соединения, содержащиеся в атмосферных и вакуумных остатках, превращаются по следующей схеме реакций: 1) гидрирование ароматических колец; 2) раскрытие кольца (первичный крекинг); 3) гидрирование интермедиатов крекинга с образованием стабильных продуктов. Тетра- и пентациклические ароматические углеводороды в процессе гидрокрекинга могут отщеплять длинные боковые цепи с образованием алканов нормального строения и ароматических углеводородов с меньшим количеством циклов, что отражено при составлении схемы на рисунках 6 и 7. Также установлено, что фракции керосина и нефти увеличиваются за счет конверсии атмосферных и вакуумных остатков.

Хотя повышенное давление водорода не способствует дегидроциклизации алкиларенов, эта реакция может протекать в значительной степени, что также учитывалось при составлении схемы превращения (рисунок 8) [10].

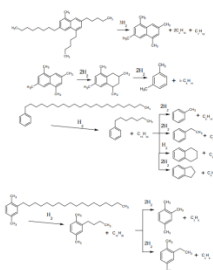


Рисунок 8. Схема превращения би- и моноциклических ароматических углеводородов.

Углеводородный состав продуктов и температура выкипания фракций: сжиженные углеводородные газы C_1-C_4 , нефтя C_5-C_{10} ($<175\text{ }^\circ\text{C}$), керосин $C_{10}-C_{15}$ ($175-255\text{ }^\circ\text{C}$), дизельное топливо $C_{12}-C_{20}$ ($255-350\text{ }^\circ\text{C}$) и остаток гидрокрекинга $C_{20}>$ ($350\text{ }^\circ\text{C}$).

Таким образом, предложены схемы превращений компонентов вакуумного газойля для получения сжиженных углеводородных газов, нефти, керосина, дизельного топлива и остатка гидрокрекинга. Разработанная схема может быть использована для моделирования процесса.

1. Dutriez T., Thiébaud D., Courtiade M., Dulot H., Bertoncini F., Hennion M. C. Application to SFC-GCxGC to heavy petroleum fractions analysis // *Fuel*. – 2013. – V. 104. – P. 583–592.
2. Lissitsyna K., Huertas S., Quintero L.C., Polo L.M. PIONA analysis of kerosene by comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to time of flight mass spectrometry // *Fuel*. – 2014. – V. 116. – P. 716–722.
3. Henry R., Tayakout-Fayolle M., Afanasiev P., Lorentz C., Lapisardi G., Pirngruber G. Vacuum gas oil hydrocracking performance of bifunctional Mo/Y zeolite catalysts in a semi-batch reactor // *Catalysis Today*. – 2014. – V. 220-222. – P. 159–167.
4. Chakravarthy R., Acharya C., Savalia A., Naik G. N., Das A. K., Saravanan C., Verma A., Gudasi K. B. Property Prediction of Diesel Fuel Based on the Composition Analysis Data by two-Dimensional Gas Chromatography // *Energy & Fuels*. – 2018. – V. 32. – P. 3760–3774.
5. Rossetti I., Gambaro C., Calemma V. Hydrocracking of long chain linear paraffins // *Chemical Engineering Journal*. – 2009. – V. 154. – P. 295-301.
6. Weitkamp J., Jacobs P.A., Martens J.A. Isomerization and hydrocracking of C9 through C16 n-alkanes on Pt/HZSM-5 zeolite // *Applied Catalysis*. – 1983. – V. 8. – P. 123–141.
7. Рябов, В.Д. Химия нефти и газа: учебное пособие / В.Д. Рябов. - М.: ФОРУМ, 2009. – 336 с.
8. Brito L., Pirngruber G.D., Guillon E., Albrieux F., Martens J. Hydroconversion of Perhydrophenanthrene over Bifunctional Pt/H-USY Zeolite Catalyst // *ChemCatChem*. – 2020. – V. 12. – P. 3477-3488.
9. Alonso-Ramírez G., Cuevas-García R., Sánchez-Minero F., Ramírez J., Moreno-Montiel M., Silva-Oliver G. et al. Catalytic hydrocracking of a Mexican heavy oil on a $\text{MoS}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst: II. Study of the transformation of isolated aromatics fraction obtained from SARA analysis // *Fuel*. – 2021. – V. 288. - Article 119541.
10. Заботин, Л.И. Химия и технология вторичных процессов переработки нефти. учебное пособие / Л.И. Заботин. - Самара: СамГТУ, 2014. - 332 с.

Беспалов В.В., Ключкова Н.С.

Методика проверки влияния погрешности зацепления дискового шевера с обрабатываемым зубчатым колесом на циклическую погрешность зубцовой частоты цилиндрических зубчатых колес

*Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-479

Аннотация

В данной статье приводится разработанная методика проверки влияния погрешности зацепления дискового шевера с обрабатываемым зубчатым колесом на циклическую погрешность зубцовой частоты цилиндрических зубчатых колес.

Ключевые слова: шевингование, зубчатое колесо, дисковый шевер, циклическая погрешность зубцовой частоты, суммарная приведенная погрешность зацепления.

Abstract

This article presents a developed method for checking the influence of the transmission error of a disk shaving cutter with a machined gear on the cyclic error of the gear frequency of spur gears.

Keywords: shaving, gear, disk shaving cutter, cyclic error of gear-meshing frequency, total reduced error of transmission.

Гармонический спектр циклической погрешности зубцовой частоты определяется видом, формой и размерами суммарной приведенной погрешностью зацепления. Суммарная приведенная погрешность зацепления определяется монотонными кусочно-линейными составляющими, синусоидальными по углу φ , синусоидальными по углу 2φ .

Суммарная приведенная погрешность зацепления может быть разложена на указанные составляющие. Поэтому рассматривается раздельное влияние каждого вида составляющих суммарной приведенной погрешности зацепления на циклическую погрешность зубцовой частоты и ее гармонические составляющие [1,2,3].

Исследования проводились на шестерни со следующими параметрами: модуль H нормальный – 3 мм, число зубьев – 25, угол зацепления – 20° , угол наклона зубьев – $29^\circ 8' 42''$, материал заготовки – сталь 30ХМ.

Зубья шестерен были нарезаны на зубофрезерном станке в соответствии с техническими условиями и техническими требованиями на зубофрезерование и соответствовали 8-ой степени точности по нормам плавности работы зубчатого колеса по ГОСТ 1643-81. Отклонение диаметра посадочного отверстия заготовки составляло не более 20 мкм. Торцевое биение не превышало 10 мкм. Непараллельность торцов была 40 мкм.

Шевингование велось на жестких оправках, которые устанавливались в центрах бабок станка. Биение базового торца оправок 0,004 мм. Радиальное биение посадочной поверхности под заготовку 0,005 мм.

Шевингование зубчатых колес производилось на зубошевинговальном станке модели 5702. Станок проверялся на точность. Результаты проверки точности станка сведены в таблицу 1. В результате проверки установлено, что станок соответствует классу точности В по ГОСТ 13281-93. Для эксперимента требовался точный станок, который бы вносил как можно меньше погрешностей при обработке.

Шевингование зубчатых колес проводилось параллельным методом дисковым шевером с парным контактом [3] на следующих режимах:

Скорость резания – 29,3 м/мин

Подача радиальная – 0,04 мм/прод.ход

Подача продольная – 0,4 мм/об

Количество рабочих ходов – 6

Количество калибрующих ходов – 3

Для измерения и гармонического анализа циклической погрешности зубцовой частоты применялся прибор модели БВ-5058 с анализатором фирмы «Dive», который производит частотный анализ составляющих. Результаты анализа (спектр) записывался самописцем НЗ73-2 на бумажную ленту. Стабильность работы прибора определялась путем многократных измерений одного и того же комплекта зубчатых колес. Разность показаний при этом не превышала ± 1 мкм по всем гармоникам. Обработанные зубчатые колеса проверялись на приборе с парным зубчатым колесом, специально изготовленным по 4-ой степени точности ГОСТ 1643-81.

Таблица 1.

Результаты проверки точности зубошевинговального станка модели 5702.

№ n/n	Проверяемые параметры по ГОСТ 13281-93	Фактические отклонения, мкм
1.	Параллельность траектории перемещения стола:	
	а) рабочей поверхности стола	5
	б) боковым сторонам направляющего паза стола	5
2.	Параллельность оси центров бабок изделия траектории перемещения стола	6

3. Беспалов В. В., Хазова Вер. И. Влияние погрешностей зацепления, изменяющихся по синусоидальному закону по углу 2φ на спектр гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты цилиндрических зубчатых передач // Вестник ИжГТУ. - 2014. - №4 (64). - С 30.

Воробьев В.И. , Моисеев М.А.

Применение аммиака в условиях современных газовых турбин

ГБОУ ВО «КГЭУ»

(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-480

Аннотация

Статья анализирует выбросы аммиака при сгорании в условиях газовых турбин. Важно отметить, что аммиак не содержит углерода и не выделяет углекислый газ в процессе сгорания. Это делает его экологически чистым выбросом по сравнению с ископаемыми топливами, которые вносят значительный вклад в атмосферные выбросы парниковых газов.

Ключевые слова: сгорание аммиака, газовые турбины.

Abstract

The article analyzes ammonia emissions from combustion in gas turbines. It is important to note that ammonia does not contain carbon and does not emit carbon dioxide during combustion. This makes it an environmentally friendly emission compared to fossil fuels, which contribute significantly to atmospheric greenhouse gas emissions.

Keywords: combustion of ammonia, gas turbines.

Современные газовые турбины играют важную роль в энергетике, приводя в действие электрогенераторы и осуществляя различные производственные процессы. Вместе с тем, продолжающийся рост энергопотребления и все большая потребность в экологически чистой энергии ставят перед нами задачу разработки новых топлив и технологий с минимальными выбросами вредных веществ. Одним из потенциальных альтернативных топлив является аммиак, характеристики сгорания и выбросов которого будут рассмотрены в данной статье.

Что из себя представляет аммиак – это бесцветный газ с резким запахом, легкопроникающее вещество, имеющее высокую теплоту сгорания около 22МДж/кг.

Аммиак может быть использован в смеси с воздухом в газовой турбине для получения тепловой энергии. Теплота сгорания аммиака возникает при реакции с кислородом и образовании азотсодержащего оксида (NO_x) и воды (H_2O). Реакция протекает при высокой температуре и давлении.

Аммиак выбрасывается при сжигании топлива как продукт неполного сгорания, а также при использовании установок селективного каталитического восстановления и селективного некаталитического восстановления для снижения выбросов оксидов азота. На глобальном уровне вклад топливосжигающих установок в валовые выбросы аммиака составляет 2,6 %.

Сокращение выбросов оксидов азота с помощью установок каталитического и некаталитического восстановления основано на реакции восстановления с аммиаком или мочевиной. Для обоих процессов соотношение NH_3 к NO_x сильно влияет на объемы выбросов оксидов азота. При соотношении 1:1 эффективность селективного каталитического восстановления обычно достигает 80 %, селективного некаталитического восстановления - 40 %. Избыток аммиака может привести к большей эффективности снижения выбросов оксидов азота и в то же время вызовет утечки аммиака. Концентрация аммиака в дымовых газах, отходящих от установок по снижению выбросов азота, может изменяться от менее 0,8 до более 800 мг/м³. В среднем данный показатель составляет 4-8 мг/м³ для систем селективного каталитического восстановления и 16-24 мг/м³ - для систем селективного некаталитического восстановления.

Аммиак как хранитель водорода. Водород является хорошим источником энергии, поскольку единственным продуктом является вода, образующаяся либо при сжигании, либо в топливных элементах. Однако хранение водорода на борту остается большой проблемой, что ограничивает применение водородных топливных элементов на электромобилях. В качестве альтернативы водород можно хранить в некоторых легких химических веществах, таких как аммиак, метанол, этанол и т.д. С точки зрения выбросов CO_2 , аммиак является хорошим материалом для непрямого накопления водорода, поскольку он не содержит углерода, следовательно, не выделяет CO_2 при использовании в качестве топлива в топливных элементах или газовой турбине.

Плотность сырой энергии жидкого аммиака составляет 11,5 МДж/л, что выше, чем 8,491 МДж/л для жидкого водорода и 4,5 МДж/л для сжатого H_2 при 690 бар и 15 °C¹. Аммиак является хорошим источником энергии для хранения водорода на борту. Однако основным недостатком использования аммиака в качестве топлива считается безопасность. Аммиак токсичен, но человек обнаруживает его в концентрациях всего 1 ppm. Безводный аммиак легче воздуха, поэтому имеет тенденцию рассеиваться в атмосфере. NH_3 был бы таким же безопасным, как использование бензина в качестве транспортного топлива. Аммиак, выделяющийся из резервуара с аммиаком во время автомобильной аварии, может вызвать потенциальную проблему безопасности, но ее можно решить путем применения металлических аминов с низким парциальным давлением аммиака

Преимущества использования аммиака в газовых турбинах. Аммиак является чистым веществом, обладающим высокой теплотой сгорания. Его использование в газовых турбинах может уменьшить выбросы парниковых газов и других вредных веществ. Также аммиак является потенциальным хранителем водорода и может быть использован в водородной энергетике.

Но так же есть и отрицательные стороны использования аммиака. Проблемы при разработке аммиачных топливных элементов различны для различных типов аммиачных топливных элементов. Для низкотемпературных аммиачных топливных элементов на основе полимерных мембранных электролитов реальной проблемой является минимизация перекрестного распространения аммиака и определение подходящих электрокатализаторов, используемых в качестве электродов, особенно анода. Трудно каталитически производить водород из аммиака при низкой температуре. Другими словами, трудно разорвать связи N-H в NH_3 при низкой температуре. Для осуществления анодной реакции важно, чтобы связи N-H в NH_3 должны быть расщеплены для взаимодействия с ионами OH^- . На основе современных технологий сложно разработать хороший низкотемпературный топливный элемент с прямым аммиачным питанием и высокой плотностью мощности. Однако можно предположить, что топливные элементы с прямыми аммиачными характеристиками с хорошей производительностью будут достижимы при повышении рабочей температуры до 200°C или выше.

Выбросы аммиака и их эффект на окружающую среду. Выбросы аммиака содержат азотистые оксиды (NO_x), которые являются вредными веществами для окружающей среды и здоровья человека. Нитрогеновые оксиды являются источниками образования кислотных дождей и способствуют образованию смога. Для минимизации негативного воздействия аммиака нужно разработать эффективные системы очистки.

Заключение

Аммиак, как массово производимое недорогое химическое вещество, является идеальным источником энергии. Однако он еще не находится на стадии коммерциализации, и требуются дальнейшие исследования. Аммиак предлагает чистый и надежный источник энергии без многих проблем, связанных с традиционной водородной экономией. Однако для того, чтобы аммиачные топливные элементы стали действительно устойчивым источником энергии, необходимо увеличить производство аммиака из возобновляемых источников. Электрохимический синтез аммиака будет играть важную роль в этой области.

Сочетание производства аммиака из возобновляемых ресурсов и технологий рекуперации энергии аммиака формирует ключевые составляющие экономики производства аммиака.

1. Энергетика трубопроводного транспорта газов: Учебное пособие/ А.Н.Козаченко, В.Н.Никишин, Б.П.Поршаков -М.; ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им.И.М.Губкина, 2001 400 с.
2. Манушин Э.А. Газовые турбины. Проблемы и перспективы.М.,:Энергоатомиздат, 1986. 168 с.
3. Семенов В.П. Производство аммиака / Под ред. В. П. Семенова. – М.Химия 1985– 368 с.
4. Экологические проблемы основных производств. Электронный ресурс
5. Химическая технология. Курс лекций. Электронный ресурс
6. Янковский Н. А. и др. Аммиак. Вопросы технологии / Под общ. ред. Н.А.Янковского – Донецк ГИК “Новая печать” ООО “Лебедь”. 2001. — 497 с.

Глазачев А.О.¹, Павлов С.Ю.², Иванова О.В.¹, Халиков Р.М.¹

Синергетические технологии конструирования износостойких слоев асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет

²Уфимский университет науки и технологий

(Россия, Уфа)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-481

Аннотация

Проанализированы инновационные технологии экологичного реконструирования верхних слоев асфальтобетонных покрытий автомагистралей с уменьшением энергозатрат на 38 %.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, износ верхнего слоя, поверхностная обработка.

Abstract

The innovative technologies of eco-friendly reconstruction of the upper layers of asphalt concrete pavement of highways with a 38% reduction in energy consumption are analyzed.

Keywords: asphalt concrete coating, wear of the top layer, surface treatment.

Асфальтобетонные покрытия автодорог с течением времени подвергаются износу и деструкции в результате воздействия атмосферных осадков и перепадов температуры, а также нагрузок, возникающих при интенсивном движении наземных транспортных средств [1]. Поиск инновационных тенденций предупреждения процессов деструктивного износа верхних слоев покрытия автомобильных дорог и пролонгированного восстановления ресурса дорожного полотна остается актуальным.

Данная статья нацелена на рассмотрение технологических способов конструирования устойчивых асфальтобетонных покрытий в результате синергетической комплементарной самоорганизации верхних слоев автодорог.

Именно верхние слои асфальтобетонного покрытия непосредственно отвечают за транспортно-эксплуатационные характеристики автодорог: износостойкость и коррозионную стойкость; сцепление с колесом автомобиля; устойчивость к сдвигу; светоотражающую и дренирующие способности; шероховатость покрытия; водонепроницаемость и ровность. Неравномерный износ (истирание) асфальтобетона транспортной инфраструктуры наблюдается на участках: с интенсивным движением грузовых и легковых автомобилей; торможения и поворота на перекрестках и др.

Процесс уменьшения толщины слоя верхних слоев покрытия – износ под истирающим воздействием колес наземных транспортных средств усиливается в сочетании с неблагоприятными погодными факторами: дождевые и снеговые осадки, многократный переход через замораживание-размораживание и т.п. [2]. В ходе сильного износа происходит тенденция истирания и удаления мелкозернистой фракции ($\leq 0,1$ мм) вместе с битумным компонентом, а также песка и щебня верхнего слоя асфальтобетона. Шипованные шины

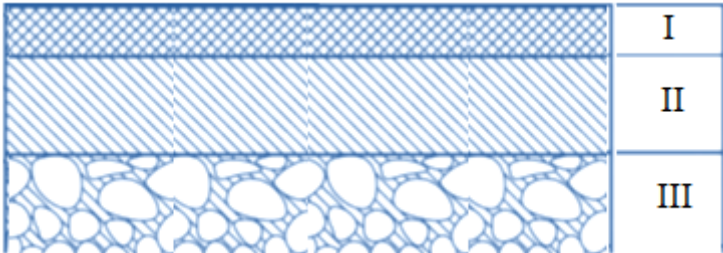

наземного транспорта значительную часть зимнего периода контактируют не только обледенелой или покрытой снежным накатом проезжей части, но и непосредственно с дорожным покрытием, что вызывает усиленный износ.

Следует отметить, что истирание асфальтобетонного покрытия в пределах проезжей части и толщины покрытий происходит неравномерно, значит формируются колеи истирания с глубиной от нескольких миллиметров до 5 см и более. На эксплуатационную долговечность асфальтобетонных дорожных покрытий значительное влияние оказывают усталостные деструкции, которые вызываются возрастающими нагрузками транспортными средствами и усиливаемые неровностями верхних слоев. Инструментально степень износа монолитных асфальтобетонных покрытий определяют при помощи реперов, электромагнитных и лазерных износометров.

В таблице 1 приведен деструктивный износ верхнего слоя асфальтобетонного покрытия автодороги.

Таблица 1.

Эксплуатационное разрушение верхних слоев дорожного полотна.

Слой дорожного полотна	Обозначения
	<p><i>I – верхний слой износа; II – основной слой асфальтобетона; III – верхний слой основания автодороги</i></p>
	<p><i>1 – асфальтобетонное покрытие; 2 – колея истирания на дорожном полотне</i></p>

Наиболее перспективным для обеспечения высоких показателей транспортно-эксплуатационного состояния дороги (прочность асфальтобетона, ровность, шероховатость и сцепные качества верхнего слоя покрытий) является поверхностная обработка. В качестве поверхностной обработки верхних слоев износа может быть применена одна из синергетических технологий, например «Микросюрфейсинг» (укладка холодной эмульсионно-минеральной асфальтобетонной смеси с полимерными добавками), «Сларри Сил» (нанесение тонкого слоя износа литой эмульсионно-минеральной смеси) и другие [3, 4].

Инновационная технология Microsurfacing «Микросюрфейсинг» представляет собой устройство тонких защитных слоев износа микроповерхностной синергетической обработкой дорожных полотен. Технология «Микросюрфейсинг» может быть использован не только для устранения повреждений, но и для профилактики изнашивания верхнего слоя асфальтобетонных покрытий. В компонентный состав «Микросюрфейсинг» входит: щебеночно-песчаная смесь специально подобранного гранулометрического состава, битумная эмульсия (7 %), мелкодисперсный порошковый минеральный наполнитель и специальные взаимодополняющие полимерные (4 %) добавки [5]. Конкретный состав асфальтобетонной смеси подбирается в лаборатории и зависит от ряда факторов: типа дорожного покрытия, транспортной нагрузки, а также погодных-климатических условий местности, где проводятся

реновационные работы по устранению колеи. При сильном деструктивном износе дорожного полотна: наличия крупных трещин и дефектных повреждений – выбоин асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог необходимо предварительно фрезеровать верхний слой.

Дорожное покрытие типа «Микросюрфейсинг» обладает повышенной устойчивостью к образованию колеи, что является особенно актуальным для скоростных автомагистралей с высокой интенсивностью движения транспорта [6]. Помимо предупреждения колеобразования «Микросюрфейсинг» может нивелировать небольшую колею, а также продольные и поперечные неровности дороги. Самовыравнивающееся покрытие «Микросюрфейсинг» обладает высокой устойчивостью и сопротивлением к деформациям; литая асфальтобетонная смесь комплементарно модифицированная полимерными нанокompозитами [7-9] укладывается тонким слоем без использования импортной асфальтоукладочной техники, что позволяет сохранить бордюрную линию и уровень коммуникационных люков инженерных сетей.

По сравнению с традиционным горячим асфальтированием синергетическая технология конструирования износостойких слоев холодной эмульсионно-минеральной смеси «Микросюрфейсинг» является менее энергозатратной на 38 %, т.к. отсутствует необходимость нагрева минеральных и вяжущих компонентов при приготовлении композиции, не требуется применение асфальтоукладчиков и дорожных катков. Особенность эффективности синергетической технологии «Микросюрфейсинг» заключается также в том, что на поверхность автодороги укладывается холодная асфальтобетонная смесь, которая заполняет небольшие трещины и пустоты, тем самым обеспечивает высокие фрикционные характеристики, атмосферостойкость, герметичность поверхности, а также формирует защитный слой износа с требуемой шероховатостью. Следует также отметить, что значимым является решение экологических проблем [10] в конкретных условиях дорожного строительства, поскольку токсичные выбросы по низкзатратной технологии «Микросюрфейсинг» сведены к минимуму.

В заключение можно сделать вывод что, критерием тенденции выбора оптимальной синергетической технологии устройства износостойких слоев асфальтобетонных покрытий автодорог является обеспечение безопасного движения наземного транспорта в течение всего срока эксплуатации.

Работа выполнена в рамках реализации программы академического стратегического лидерства «Приоритет 2030» Евразийского научно-образовательного центра.

1. Зубков, А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. М.: Машиностроение, 2009. 223 с. EDN QNWKZN.
2. Белов, Д.Я. Анализ эффективных способов устройства тонкослойных покрытий и поверхностной обработки дорожных одежд / Д.Я. Белов, А.О. Добрынин, А.А. Минзуренко // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2018. №1. С.21-31. EDN YVGQRS.
3. Жигадло, В.А. Сларри Сил и Микросюрфейсинг / В.А. Жигадло // Мир дорог. 2019. №117. С.53-57. EDN DCOZZO.
4. Гатиятуллин, М.Х. Способы обеспечения долговечности автомобильных дорог в период эксплуатации / М.Х. Гатиятуллин, Ф.Р. Кадыров // Техника и технология транспорта. 2021. №2(21). EDN UBDUQL.
5. Халиков, Р.М. Взаимодополняющее улучшение инновационными нанодобавками технических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог / Р.М. Халиков, С.Ю. Павлов, А.О. Глазачев // Актуальные проблемы техн., естеств. и гуман. наук: Материалы Междунар. конф. Уфа: УНПЦ «Изд-во УГНТУ», 2023. С.464-468. EDN NOZXQA.
6. Shamsutdinov, D. Accessing a vehicle's environmental indicators during technical inspection / D. Shamsutdinov, M. Nizamutdinov, V. Zinnatullin et al. // X International Scientific Siberian Transport Forum. Novosibirsk: Elsevier B.V., 2022. P.1049-1054. EDN LONBJG.
7. Халиков, Р.М. Эффективное укрепление оснований дорожного полотна автодорог известково-шлаковыми вяжущими на базе многотоннажных отходов / Р.М. Халиков, О.В. Иванова, С.Ю. Павлов, А.О. Глазачев // Тенденции развития науки и образования. 2023. №103-7. С.116-119. EDN WSOPAU.
8. Глазачев А.О. Комплементарное улучшение макромолекулярными нанокompозитами технологических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог / А.О. Глазачев, О.В. Иванова, Д.А. Синицин и др. // Нанотехнологии в строительстве. 2023. Т.15, №5. С.453-464. EDN YXAYKH.

9. Халиков, Р.М. Качественное улучшение технологических характеристик асфальтобетонных покрытий автодорог взаимодополняющими инновационными добавками / Р.М. Халиков, С.Ю. Павлов, А.О. Глазачев // Тенденции развития науки и образования. 2023. №103-7. С.119-122. EDN EDEZJB.
10. Короткова, Л.Н. Ресурсосберегающее использование переработанных макромолекулярных отходов в конструировании дорожных покрытий автомобильных дорог / Л.Н. Короткова, О.В. Иванова, Р.М. Халиков // Наука, образов., произв. в решении экологических проблем: материалы XVII Междунар. конф. Т.1. Уфа: УГАТУ, 2021. С.155-160. EDN BHBCMP.

Глазков Ю.Е., Глазков В.Ю., Букина М.А.
Устройство для внесения консерванта в силосуемые корма

*Тамбовский государственный технический университет
(Россия, Тамбов)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-482

Аннотация

В статье рассматривается устройство для повышения равномерности внесения жидких консервантов в растительные корма при силосовании. Приведены конструктивные его конструктивные параметры.

Ключевые слова: консервант, иньектор, силосование, варьирование.

Abstract

The article discusses a device for increasing the uniformity of the introduction of liquid preservatives into plant feed during ensiling. Its design parameters are given.

Keywords: preservative, injector, silage, variation.

Продуктивность животноводства зависит от полноценности кормления животных. Одним из основных компонентов рациона кормления крупного рогатого скота в зимний период является силос [1, 2].

При обычном силосовании в кормах за счет сбраживания, сахаров образуется молочная и уксусная кислоты, создается кислая среда (рН 3,9...4,0 и более), происходит подавление гнилостных и масляно-кислых бактерий. Однако при недостатке в силосуемых кормах сахаров (особенно при силосовании бобовых трав), нарушении технологии закладки силоса происходит усиленное развитие нежелательной микрофлоры из-за слабого подкисления. В этом случае усиливается распад белка с образованием нежелательных продуктов, которые накапливаются в корме и при скармливании отрицательно влияют на обмен веществ и продуктивность животных. В кормах резко возрастают потери легкопереваримых питательных веществ.

Применение химических консервантов позволяет значительно снизить развитие масляно-кислых и гнилостных бактерий, ингибировать активность ферментов кормовой массы и сократить интенсивность распада питательных веществ, по сравнению с обычным силосованием.

По сравнению с обычным силосом в 1 т консервированного корма дополнительно содержится 30...40 корм. ед., 5...8 кг протеина и 10...15 кг сахара. В среднем 1 т консерванта дополнительно сохраняет такое количество питательных веществ, за счет которого можно получить 10 т молока или 1,5 т мяса [3].

Технология силосования с использованием консервирующих препаратов не отличается от обычного, за исключением операции по внесению консерванта. Основным показателем в операции внесения консервирующего препарата в силосуемый корм является равномерность его распространения по объему корма [4]. Соблюдение этого требования способствует получению корма, однородного по качеству. При неравномерном распределении консерванта слои корма с недостаточным его внесением или совсем необработанные получают недоокисленными, а слои с избыточным содержанием консерванта – переокисленными. Это снижает качество корма, уменьшает эффект от применения консервирующего средства и, в

конечном итоге, ведет к отрицательному влиянию корма на клиническое состояние и продуктивность животных.

Несмотря на широкое распространение метода химического консервирования кормов, вопрос о механизации этого процесса полностью пока не решен, простых и надежных машин серийного производства для этого пока нет.

В Тамбовском государственном техническом университете было разработано захватывающее устройство (рис. 1), позволяющее улучшить процесс распространения жидкого консерванта по объёму растительной массы. Устройство состоит из основной рамы 1 с поддерживающими пальцами 3. Навешенное на трактор захватывающее устройство забирает объём силосуемого корма. Инъекторы 4, закреплённые на дополнительной раме 2 с помощью цилиндра 5, проходят через массу корма, одновременно впрыскивая консервирующий препарат. Дополнительная рама 2, дойдя до верхней мёртвой точки, отключает внесение консерванта, и трактор, выгрузив порцию растительной массы, отъезжает за следующей [5].

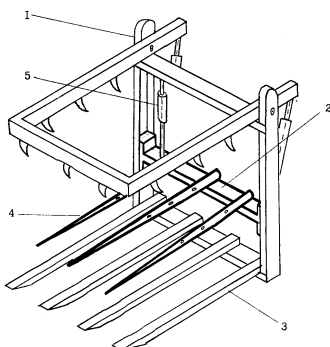


Рисунок 1. Конструктивно-технологическая схема захватывающего устройства:
1 – основная рама; 2 – дополнительная рама; 3 – поддерживающие пальцы;
4 – инжекторы; 5 – гидроцилиндр.

Для определения конструктивных параметров захватывающего устройства было исследовано влияние физико-механических свойств кормов.

Предметом исследования было: определение критической ширины расстановки пальцев захватывающего устройства в зависимости от средней длины частиц; определение оптимальной длины пальцев захватывающего устройства.

Определение конструктивных параметров проводилось на экспериментальной установке (рис. 2), которая монтировалась на навесной системе трактора. Она состоит из пальцев 1, с возможностью перемещения по ширине и длине, хомутов 2, рамы 3.

Исследования проводились следующим образом. Захватывающее устройство поднимало порцию силоса. Если не происходило обрушения, производили увеличение ширины расстановки пальцев и повторяли подъем растительной массы. Увеличение расстояния между захватывающими пальцами проводили до обрушения растительной массы. В исследованиях использовали силос различной длины резки, влажности.

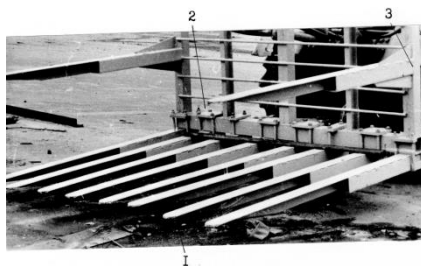


Рисунок 2. Экспериментальная установка для определения конструктивных параметров захватывающего устройства:
1 – пальцы, 2 – хомуты, 3 – рама

Оптимальная длина пальцев определялась по конструктивным особенностям трактора, для которого предназначалось захватывающее устройство. При этом учитывались устойчивость трактора и прочностные характеристики пальцев захватывающего устройства.

При проведении испытаний захваченный при различной длине пальцев корм взвешивался. Параметры варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры варьирования.

Показатели	Значение
Ширина расстановки пальцев, м	0,2 - 0,8
Средняя длина резки, м	0,04 - 0,10
Длина пальцев, м	1,5 - 2,5

Для исследования процесса распространения жидкого консерванта по объему растительной массы была изготовлена лабораторная установка (рис.3). Она состоит из ящика размером $1 \times 1 \times 1$ м, одна стена которой открыта, бруса 4 с размещенным на нем инъе́кторами 6, которые под воздействием гидроцилиндра 3, работающего от гидросистемы трактора, вертикально перемещаются по швеллерам 2. Трубопровод 5 соединяет инъе́кторы 6 с дозирующим устройством.

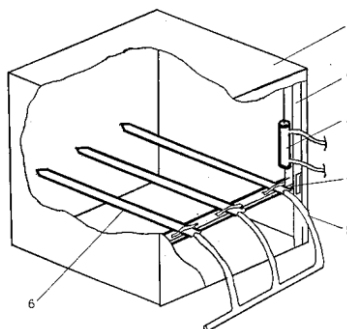


Рисунок 3. Лабораторная установка для определения распространения жидкого консерванта по объему корма:

1 – ванна, 2 – швеллер, 3 – гидроцилиндр, 4 – брус, 5 – трубопровод, 6 – инъе́ктор

Опыты на установке проводили следующим образом: ящик наполняли кукурузной массой. На дозаторе устанавливалась норма внесения консерванта, соответствующая массе кукурузы, находящейся в ящике. Включаются насос подачи консерванта в силосную массу и гидроцилиндр подъема инъе́кторов, скорость перемещения которого подбирается с учетом времени продвижения инъе́кторов по массе и впрыска консерванта. Под воздействием гидроцилиндра 3 инъе́кторы 6 вертикально перемещаются с одновременным внесением консерванта. После чего производится отбор и замер кислотности рН кукурузной массы индикатором кислотности ИК – «Дельта».

По результатам проведенных экспериментов с учетом того, что габаритная ширина захватывающего устройства не должна превышать габаритов трактора Т-150К, были определены оптимальные значения:

- расстояние между инъе́кторами в пределах 0,65...0,7 м;
- ширина расстановки пальцев захватывающего устройства в интервале 0,65...0,7 м;
- длина пальцев захватывающего устройства для трактора – 2,5 м.

1. Глазков, Ю. Е. Анализ технических средств для внесения жидких консервантов в растительные корма / Ю. Е. Глазков, В. Ю. Глазков, М. А. Букина // Современная наука: теория, методология, практика: Материалы

- V-й всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тамбов, 27–28 сентября 2023 года. – Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 188-194.
2. Механизация приготовления кормов. Часть 1. Механизация приготовления кормов: Учебное пособие/ С. М. Ведищев, В. П. Капустин, Ю. Е. Глазков [и др.]. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. – 136 с.
 3. Таранов М.Т. Химическое консервирование кормов. – М.: Колос, 1982. – 143 с.
 4. Курочкин И.М. Проектирование агрегатов для переработки растительных кормов / И.М. Курочкин, Ю.Е. Глазков // Совершенствование технологий и средств механизации в АПК. Сб. науч. тр. междунард. науч.-практ. конф., – Чебоксары: РИО ФГОУ ВПО «ЧГСХА», 2003. – С. 96-101.
 5. Патент № 2013966 С1 Российская Федерация, МПК А23К 3/03. Передвижной агрегат для внесения консервирующих препаратов в растительные корма: № 5035985/15: заявл. 07.04.1992; опубл. 15.06.1994 / И. М. Курочкин, Ю. Е. Глазков; заявитель Тамбовский институт химического машиностроения. – EDN VIFESG.

Городец О.О., Спасских И.А.

Исследование возможности применения смеси неактивного и активного гипса

*Юго-Западный государственный университет
(Россия, Курск)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-483

Аннотация

В статье рассматривается возможность добавления гипса, потерявшего активность в результате длительного хранения с нарушениями требований нормативных документов, в активный гипс, анализ результатов эксперимента.

Ключевые слова: гипс, прочность, испытания, строительные материалы, нормативные условия хранения

Abstract

The article considers the possibility of adding gypsum, which has lost activity as a result of long-term storage in violation of the requirements of regulatory documents, to active gypsum, analyzing the results of the experiment.

Keywords: gypsum, strength, testing, building materials, regulatory storage conditions.

Вопрос качества строительных материалов всегда интересовал людей, работающих в сфере строительства. Ограниченность сроков годности одних из основных веществ (гипс, цемент) накладывает существенные рамки на производителей и потребителей, требуя соблюдения нормативных документов [1, 2], дополнительных затрат на хранение в нужных условиях и возникновение убытков в связи с утилизацией непригодного для производства материала.

Ввиду этого, исследуется вопрос возможного смешивания воздушного вяжущего вещества, хранящегося в условиях, противоречащих требованиям [1], назовем его «некачественным», и нового гипса, без нарушений данных требований («качественный»).

Рассмотрим смеси «некачественного» и «качественного» вещества в следующих пропорциях: 1/19, 1/9, 1/3, 1/1, 3/1, 9/1.

Также необходимо рассмотреть характеристики каждого из гипсов по отдельности, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики «некачественного и «качественного» гипса.

Вид гипса	Водогипсовое отношение (для теста нормальной консистенции)	Сроки схватывания		Предел прочности в возрасте 2 ч, МПа	
		Начало	Конец	На растяжение	На сжатие

					при изгибе	
	«некачественный»	0,65	2 ч	46-54 ч	-	-
«качественный»	Заявлено	0,6-0,7	Не ранее 6 мин	Не позднее 30 мин	2	4
	Получено	0,7	7 мин 30 с	11 мин 15 с	2,6	5,3

Следует заметить, что испытания образцов из «некачественного» гипса на предел прочности на растяжение и сжатие не проводились ввиду невозможности получения цельных образцов: в ходе длительного схватывания материал трескался и терял целостность, а в процессе извлечения из форм, гипс был разрушен при воздействии руками.

Исследование полученных смесей аналогично проводилось на: необходимое водогипсовое отношение для получения гипсового теста нормальной консистенции, время начала и конца схватывания, предел прочности в возрасте 2 часов.

Необходимое водогипсовое отношение отличается незначительно, поэтому для смесей 1/19, 1/9, 1/3 является верным отношение 0,7, а для смесей 1/1, 3/1, 9/1 – 0,65. «Некачественный» гипс оказал влияние на необходимое водогипсовое отношение, при его значительном присутствии в смеси.

Исследование смесей проводилось на: необходимое водогипсовое отношение для получения гипсового теста нормальной консистенции, время начала и конца схватывания, предел прочности в возрасте 2 часов.

В ходе определения времени схватывания гипсового теста выяснилось, что смесь 9/1 не начала схватываться и в возрасте 2 часов, следовательно, такое отношение «некачественного» к «качественному» гипсу недопустимо и в дальнейшем рассматриваться не будет. Значения остальных смесей представлены в таблице 2, для сравнения приведены характеристики гипсового теста полностью из «качественного» гипса.

Таблица 2

Время схватывания гипсовых смесей.

Время схватывания	«Качественный»	1/19	1/9	1/3	1/1	3/1
Начало	7 мин 15 с	7 мин	8 мин 30 с	10 мин	11 мин	11 мин 30 с
Конец	11 мин 30 с	12 мин	13 мин	14 мин	14 мин 30 с	25 мин 30 с

Следующим этапом исследований было затворение гипсового теста различных составов нормальной густоты, твердение образцов, извлечение из форм в возрасте 2 часов и последующие испытания на изгиб и сжатие. В процессе извлечения из форм, образцы с соотношением 3/1 были повреждены (рисунок 1). Следовательно, при данном соотношении гипсовый камень не может выдерживать минимальные нагрузки. Такой состав смеси недопустим, в испытаниях на предел прочности, образцы данного соотношения не рассматривались.



Рисунок 1. Пример гипсового камня из смеси 1/3, поврежденного при извлечении из формы

3. Представим результаты испытаний образцов на растяжение при изгибе в виде таблицы

Таблица 3.

Предел прочности гипсового камня на растяжение при изгибе.

Предел прочности, МПа	«качественный»	1/19	1/9	1/3	1/1
На растяжение при изгибе	2,6	2,6	2,4	2,1	1,4

Результаты испытаний на сжатие гипсового камня представлены на рисунке 2 в виде графика. Приведенные значения соотношений переведены в процентное содержание «некачественного» гипса от общей смеси при отсутствии других компонентов: 1/19 – 5%, 1/9 – 10%, и т.д.

По графику на рисунке 2 можно сделать предположение о линейности зависимости прочности на сжатие гипсового камня от процентного содержания «некачественного» гипса, в рамках данного исследования.

Пример испытанного образца представлен на рисунке 3. Полного разрушения не наблюдается, но по всему камню наблюдаются микротрещины, свидетельствующие о разрушении структуры материала.

Подводя итоги испытаний, можно сделать вывод: возможно допущение незначительного (до 25% от массы смеси в конкретном случае), добавления «некачественного» гипса в «качественный» без сощутимой потери в прочности. Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от процентного содержания «некачественного» гипса требует дополнительных исследований на больших партиях образцов. Зависимость предела прочности на сжатие может быть оценена как линейная зависимость, но требуются дополнительные исследования при большем количестве образцов.

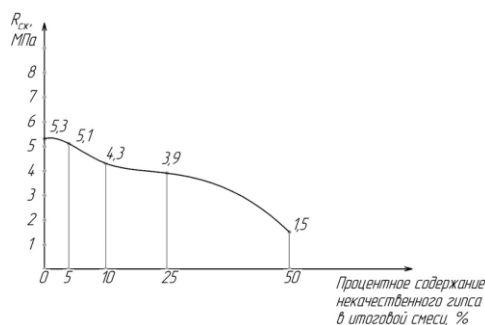


Рисунок 2. График зависимости прочности на сжатие гипсового камня от процентного содержания «некачественного» гипса в смеси.



Рисунок 3. Испытанный на изгиб и сжатие образец.

В качестве положительного влияния «некачественного» гипса, может быть рассмотрено незначительное увеличение времени схватывания образцов, что может быть использовано при заливке сложных форм, длительном вымешивании или в других случаях, когда этого требует технологический процесс.

1. **ГОСТ 125-2018.** Вяжущие гипсовые. Технические условия = Gypsum binders. Technical conditions: межгосударственный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2018 г. №633: введен взамен ГОСТ 125-79: дата введения 2019-05-01. Москва: Стандартинформ, 2018. – 9с. – Текст: непосредственный.
2. **ГОСТ 23789-2018.** Вяжущие гипсовые. Методы испытаний = Gypsum binders. Test methods: межгосударственный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2018г. № 637: введен взамен ГОСТ 23789-89: дата введения 2019-05-01. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 11с – Текст: непосредственный.
3. **Строительные материалы и изделия** : учеб. пособие / В.С. Руднов [и др.]; под общ. ред. доц., канд. техн. наук И.К. Доманской.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 203, [1] с.
4. **Строительные материалы:** учеб. пособие / С.В. Черкасов, А.М. Усачев; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015. – 137 с.

Евстропов А.М., Нажимова Н.А.

Проектирование экспертной системы для АИС «Микрон» в области микроэлектроники

*ФГБОУ ВО «Нижегородский технический университет им. Р. Е. Алексеева
(Россия, Дзержинск)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-484

Аннотация

Статья посвящена разработке и тестированию экспертной системы (ЭС) "Микрон", предназначенной для определения подходящих технологий и оптимизации процессов выбора модулей микроэлектроники. В работе рассматриваются этапы жизненного цикла ЭС, начиная от идентификации задачи и концептуализации предметной области, заканчивая опытной эксплуатацией и внедрением системы. Особое внимание уделяется процессу тестирования, выявлению проблем и коррекции результатов. Описываются ключевые этапы разработки, проблемы, с которыми сталкиваются на пути создания ЭС, а также предлагаются практические рекомендации по улучшению функционала системы.

Ключевые слова: экспертная система, изделия микроэлектроники, разработка программного обеспечения, тестирование, жизненный цикл, идентификация задач, концептуализация, формализация, прототипирование, опытная эксплуатация, разработка экспертной системы, проектирование ЭС.

Abstract

The article is devoted to the development and testing of the Mikron expert system (ES) designed for microelectronics products. The paper considers the stages of the ES life cycle, starting from problem identification and conceptualisation of the subject area, to pilot operation and implementation of the system. Particular attention is paid to the testing process, problem identification and correction of results. Key stages of development, problems encountered on the way of ES creation are described, and practical recommendations for improving the system functionality are offered.

Keywords: expert system, microelectronics products, software development, testing, life cycle, problem identification, conceptualisation, formalisation, prototyping, experimental operation, expert system development, ES design.

Экспертные системы (ЭС) представляют собой компьютерные системы, спроектированные для моделирования решающих процессов, схожих с теми, которые обычно

ассоциируются с человеческим экспертом. Они базируются на использовании знаний и опыта в узкой предметной области, чтобы предоставлять рекомендации, делать выводы или решать сложные задачи в данной области [1].

Разработка Экспертной Системы для АИС "Микрон" обоснована необходимостью оптимизации процессов разработки и выбора модулей микроэлектроники. Современные технологии требуют точных и быстрых решений в области микроэлектроники, и ЭС может значительно упростить и ускорить процесс принятия решений, снизив вероятность ошибок и повысив эффективность работы инженеров.

Система позволяет автоматизировать процессы выбора технологий, обеспечивает быстрый доступ к актуальной информации и способствует повышению эффективности в производственной деятельности. ЭС "Микрон" представляет собой инструмент современного подхода к оптимизации производства в области микроэлектроники.

В современном контексте подчеркивается сложность модулей "Микрон" необходимостью учета большого объема информации при выборе оптимальных технологий. Экспертная система "Микрон" представляет собой инструмент современного подхода к оптимизации производства в области микроэлектроники, обеспечивая автоматизированные процессы выбора технологий, быстрый доступ к актуальной информации и, как следствие, повышение эффективности в производственной деятельности [2].

Реализация ЭС "Микрон" обоснована на языке Prolog, так как он обладает способностью эффективно выражать логику и правила вывода, что существенно важно для системы, ориентированной на экспертные знания. Это делает систему доступной и понятной даже для лиц, не являющихся специалистами в области программирования [3].

Использование интеллектуального ввода данных через специализированный редактор направлено на обеспечение удобства ввода характеристик и требований к технологии. Это взаимодействие элементов обеспечивает создание структурированной и логически связанной Экспертной Системы для эффективного принятия решений в области микроэлектроники.

Основная цель системы - предоставить экспертам и работникам инструмент для более эффективного решения сложных технических задач и оптимизации производственных процессов [4].

ЭС "Микрон" способна выполнять следующие функции:

1. **Выбор оптимальных технологий.** Система анализирует требования и характеристики модулей "Микрон", предлагая подходящие технологии производства на основе накопленных знаний.
2. **Решение технических вопросов.** ЭС предоставляет рекомендации по решению конкретных технических задач, связанных с производством модулей.
3. **Предоставление информации по нормативам.** Система обеспечивает доступ к актуальным нормативам и стандартам, необходимым для соблюдения требований в области микроэлектроники.
4. **Автоматизация процессов.** ЭС минимизирует ручной труд при принятии решений, сокращая время, затрачиваемое на поиск информации и принятие решений.

Для эксперта и работника в области микроэлектроники ЭС "Микрон" становится надежным инструментом, сокращающим временные и трудовые затраты, повышающим точность принимаемых решений и обеспечивающим доступ к актуальной информации.

Процесс разработки ЭС включает этапы идентификации, концептуализации, формализации, разработки прототипа, тестирования и опытной эксплуатации.

На этапе *идентификации* в ЭС "Микрон" осуществляется определение функциональности системы и необходимых ресурсов для ее создания и проводится функциональная оценка определения ключевых параметров, необходимых для успешной реализации системы.

На этом этапе система проводит неформальное осмысление задач, формирует требования и определяет ресурсы, необходимые для создания ЭС.

Инженер по знаниям в тесном контакте с экспертом проводит неформальное осмысление задач, которые должна решать создаваемая ЭС "Микрон". Эксперт предоставляет свои представления о требованиях и функциональности системы. Интерактивность между инженером по знаниям и экспертом на этапе идентификации обеспечивает правильное понимание задачи и формирование требований к ЭС.

Этап *концептуализации* представляет собой фазу глубокого анализа проблемной области с целью выявления ключевых аспектов, определения взаимосвязей между ними и разработки методов решения задач, проводится глубокий анализ проблемной области с целью выделения ключевых компонентов, понятий и взаимосвязей между ними.

Моделирование предметной области на этапе концептуализации включает в себя выделение ключевых понятий, взаимосвязей и стратегий решения задач.

Этап *формализации* обеспечивает основу для дальнейшей реализации и работы экспертной системы, а также позволяет эффективно манипулировать знаниями с использованием компьютерных средств.

Этот этап включает выбор формального языка и преобразование знаний в компьютерно-обрабатываемую форму.

Цель этапа *Разработка прототипа* заключается в создании одного или нескольких прототипов экспертной системы (ЭС). Главная задача заключается в том, чтобы созданный прототип обеспечил проверку адекватности выбранных методов и средств представления знаний при решении конкретных задач.

Разработка прототипа позволяет проверить адекватность методов представления знаний и эффективность решения задач

На этапе *тестирования* экспертной системы (ЭС) проводится оценка выбранного способа представления знаний в ЭС в целом. На этом этапе инженер по знаниям проводит проверку всех аспектов разработанной ЭС, используя тестовые примеры, чтобы удостовериться в ее правильной и эффективной работе (рис. 1).

```

Начинается этап тестирования...
Процедура тестирования: Процедура1 - Запуск тестирования
Процедура тестирования: Процедура2 - Автоматизированное тестирование
Процедура тестирования: Процедура3 - Ручное тестирование
Процедура тестирования: Процедура4 - Оценка результатов
Процедура тестирования: Процедура5 - Внесение коррекций
Процедура тестирования: Процедура1 - Запуск тестирования
Процедура тестирования: Процедура2 - Автоматизированное тестирование
Процедура тестирования: Процедура3 - Ручное тестирование
Процедура тестирования: Процедура4 - Оценка результатов
Процедура тестирования: Процедура5 - Внесение коррекций
Процедура тестирования: Процедура1 - Запуск тестирования
Процедура тестирования: Процедура2 - Автоматизированное тестирование
Процедура тестирования: Процедура3 - Ручное тестирование
Процедура тестирования: Процедура4 - Оценка результатов
Процедура тестирования: Процедура5 - Внесение коррекций

```

Рисунок 1. Результаты тестирования, позволяющие выявить и устранить несоответствия и проблемы

На этапе *опытной эксплуатации* проводится финальная проверка пригодности ЭС "Микрон" для конечного пользователя, оценивается удобство работы с системой и ее полезность в решении поставленных задач.

Опытная эксплуатация фокусируется на удобстве работы и полезности системы для конечного пользователя.

Внедрение системы является следующим этапом после опытной эксплуатации. Он предполагает использование опыта и результатов предыдущих этапов для успешного развертывания ЭС "Микрон" в реальных условиях.

Внедрение и последующие модификации подразумевают постоянное совершенствование системы на основе опыта эксплуатации.

Таким образом, ЭС "Микрон" представляет собой комплексный подход к управлению изготовления изделий микроэлектроники, и ее внедрение может привести к значительному улучшению в этой области.

2. Братко, И.М. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG / И.М. Братко. – М., 2005
3. Жилин А.В. Методическое руководство справочника операций программ АС «Микрон» НИИИС – 2020. - 238 с.
4. Жилин А.В. Методическое руководство комплекса АИС «Микрон» НИИИС – 2020. - 83 с.

Жук Т.В.

Технологические решения для эффективной интеграции внешних приложений в 1С

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-485

Аннотация

Интеграция внешних приложений с 1С стала ключевой задачей для многих организаций, стремящихся оптимизировать свои бизнес-процессы и увеличить эффективность работы с данными. В статье рассматриваются технологические решения для эффективной интеграции внешних приложений в 1С. Также в статье прогнозированы преимущества и недостатки таких решений.

Ключевые слова: технологические решения, 1С, приложения, интеграция, бизнес-процессы, аналитика, управление, компания, платформа .

Abstract

Integrating external applications with 1C has become a key task for many organizations seeking to optimize their business processes and increase data efficiency. The article discusses technological solutions for the effective integration of external applications into 1C. The article also predicts the advantages and disadvantages of such solutions.

Keywords: technological solutions, 1C, applications, integration, business processes, analytics, management, company, platform.

Технологические решения для эффективной интеграции внешних приложений в 1С являются необходимой частью современного бизнеса, так как любая компания нуждается в обмене данными между своими предприятиями. Выбор конкретного метода для интеграции зависит от конкретных требований и возможностей компаний (например, структура организации, конфиденциальность информации и другие), но цель – это безопасность и надежность в обмене между данными 1С и другими сторонними приложениями, чтобы сделать бизнес более адаптивным и гибким к возможным изменениям.

Интеграция приложения с 1С имеет свои преимущества и недостатки, которые также зависят от конкретных потребностей компаний и правильной их реализации:

Достоинства:

- Возможность автоматизации бизнес-процессов, что увеличивает эффективность и снижает вероятность ошибок;
- Увеличение производительности за счет обмена данными между другими приложениями в реальном времени для принятия быстрых решений по различным условиям;
- Централизованное управление данными, что дает более полную картину о всем бизнесе;
- Улучшенный анализ данных за счет систем аналитики, который более глубоко и детально может выявить тенденции и возможности улучшения детальности компаний.

Недостатки:

- Сложность реализации за счет длительного внедрения на этапе разработки, а также тщательное планирование, тестирование и контроль качества самой интеграции;

- Не все приложения могут легко интегрироваться с программным решением 1С;
- Зависимость компании от поставщиков приложений;
- Повышение уровня риска в информационной безопасности, так как данные могут передаваться между приложениями через открытые сети;
- Возможные сложности в обновлениях и поддержке.

Рассмотрим насколько технологических решений для объединения внешних приложений в 1С.

Один из способов – это использование Web и HTTP- сервисов, так как они имеют встроенное API для работы с сетевыми запросами, что позволяет взаимодействовать с удаленными сервисами (онлайн-сервисами, веб-сайт, платежные системы). При переходе на новую версию конфигурации может потребоваться дополнительная работа по объединению кода, и чтобы упростить процесс интеграции применяют механизм расширения базовой конфигурации. Расширения позволяют создать дополнительную функциональность для прикладного решения, но не меняют структуру самой конфигурации. Если расширение содержит интеграционный API, то это позволяет избежать многих сложностей при обновлении конфигурации. Огромным преимуществом такого подхода является то, что собственный интерфейс прикладного программирования API прикладного программного решения устойчив к изменениям со стороны приложений 1С. Прикладное программное решение содержит встроенные средства интеграции, предоставляемые разработчиком. При использовании этих инструментов не требуется писать операции в коде, но необходимо выполнить конфигурацию в конфигураторе. Недостатком такого подхода является то, что спектр операций, которые можно выполнять, очень мал. Протоколы прикладных решений могут быть ориентированы только на небольшой круг конкретных задач.

1С предоставляет средства для создания и использования веб-сервисов, что позволяет обмениваться данными между 1С и другими приложениями, работающими в сети (например, для интеграции с онлайн-магазинами). Также возможен импорт и экспорт данных из 1С в различные форматы, CSV, XML, Excel и другие (например, данные о продажах могут экспортированы из 1С в систему учета и аналитики разных форматов).

Если поставить вопрос об улучшении коммуникации с клиентами, можно произвести объединение 1С с системами электронных почт или SMS-сервисами, что облегчит отслеживание заказов за счет уведомления о статусе заказа. Также интеграция с системами CRM позволяет улучшить взаимодействие с клиентами и управлениями продажами (данные о клиентах или заказах).

Еще один способ технологического решения в бизнесе – это интеграция 1С с системами управления проектами для их улучшения, что позволит отслеживать статусы проектов, бюджеты, сроки и ресурсы в режиме реального времени.

Для улучшения управления документами и бизнес-процессами возможна интеграция с системами документооборота, благодаря чему улучшится автоматизация процесса создания, рассмотрения и хранения документов в электронном виде для удобного доступа и поиска. Также интеграция возможна в системы управления финансами или бухгалтерию, что автоматизирует бухгалтерские процессы, включая учет доходов, расходов, налогов и т.д.

Если рассматривать компании, которые занимаются розничной торговлей или управлением запасами, внедрение 1С в системы управления запасами и поставками помогает оптимизировать управление запасами или автоматизировать заказы у поставщиков, сокращая издержки, связанные с хранением и доставкой товаров.

Для компаний, у которых есть оборудование, которое нуждается в техническом обслуживании, интеграция с системами технического обслуживания помогает в планировании регулярного обслуживания и предотвращении аварий. При чем защита данных и информационная безопасность компаний, также могут быть интегрирована с системами управления безопасности, что позволит обеспечить защиту от угроз и внешних атак.

Таким образом, эффективная интеграция внешних приложений в 1С требует комплексного подхода и грамотного выбора методов и технологий, которые зависят от потребностей и требований организаций. Такие технологические решения помогут улучшить бизнес-процессы, повысить эффективность и конкурентоспособность организаций, а также обеспечить плавное взаимодействие между внешними структурами и сервисами. Однако стоит помнить и о некоторых минусах, такие как сложность реализации, совместимость и

безопасность, поэтому перед интеграцией стоит провести тщательный анализ, определить цели и ожидаемые результаты, опираясь на финансовые ограничения.

1. Брыкова, Н.В. Основы бухгалтерского учета на предприятиях торговли: учебник / Н.В. Брыкова. - М.: Academia, 2017. - 77 с.
2. Кашаев, С.М. 1С: Предприятие 8.2. Программирование и визуальная разработка на примерах / С.М. Кашаев. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 320 с.
3. Радченко М.Г. 1С: Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы / М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева. – М.: 1СПаблишинг, 2013. – 964с
4. Розин, В.М. Проектирование и программирование: Методологическое исследование. Замысел. Разработка. Реализация. Исторический и социальный контекст / В.М. Розин. - М.: Ленанд, 2018. - 160 с.
5. Тюленева, Т.А. Формирование системы управленческого учета на промышленных предприятиях / Т.А. Тюленева. - М.: Русайнс, 2018. - 447 с.

Какорин И.А.

Перспективы и проблемы использования технологии блокчейн в информационной безопасности

*Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-486

Аннотация

В статье рассматривается применение технологии блокчейна для создания безопасных систем хранения данных, аутентификации пользователей и устройств, а также в обнаружении и предотвращении кибератак. Статья рассматривает перспективы и проблемы использования технологии блокчейн в кибербезопасности. Для использования данной технологии необходимо разработать стандарты и правила использования блокчейна в информационной безопасности, чтобы обеспечить его эффективное и безопасное применение.

Ключевые слова: технологии блокчейна, кибербезопасность, конфиденциальность, информационная безопасность, децентрализация, смарт-контракты.

Abstract

The article discusses the use of blockchain technology to create secure data storage systems, authenticate users and devices, as well as detect and prevent cyber attacks. The article examines the prospects and problems of using blockchain technology in cybersecurity. To use this technology, it is necessary to develop standards and rules for the use of blockchain in information security in order to ensure its effective and safe application.

Keywords: blockchain technologies, cybersecurity, confidentiality, information security, decentralization, smart contracts.

Изначально технология блокчейн послужила основой для трансформации финансового сектора, а в настоящее время она находит применение во многих других областях. Благодаря универсальности, прозрачности, безопасности и эффективности блокчейна многие предприятия обращаются к решениям на основе блокчейна для преобразования своих бизнес-операций. Технология блокчейна обладает всеми необходимыми характеристиками для использования в кибербезопасности. Блокчейн технология может обеспечить надежную и безопасную передачу данных. Например, блокчейн может использоваться для создания защищенных цифровых идентификаторов, которые могут быть использованы для аутентификации пользователей и устройств. Блокчейн также может быть использован для создания безопасных систем хранения данных, где каждый блок данных хранится в разных узлах сети, что делает невозможным изменение или удаление данных без согласия всех участников сети. Кроме того, блокчейн может использоваться для обнаружения и предотвращения кибератак, так как любые изменения в блокчейне будут отображаться в реальном времени и могут быть быстро обнаружены и пресечены. Однако, необходимо

учитывать, что блокчейн не является универсальным решением для всех проблем кибербезопасности, и его применение требует тщательного анализа и понимания его возможностей и ограничений. Поэтому важно тщательно изучить как перспективы, так и проблемы, которые могут возникнуть [1-5].

Рассмотрим перспективы применения технологии блокчейн:

1. **Неизменяемые записи безопасности:** основной плюс блокчейна заключается в его неизменности. Как только данные записаны в блокчейне, их невозможно изменить или подделать, что обеспечивает безопасную и прозрачную запись транзакций. В сфере кибербезопасности эта функция может повысить целостность журналов безопасности и записей об инцидентах.
2. **Децентрализация и уменьшение возможностей атак:** традиционные централизованные системы уязвимы к единичным точкам отказа. Децентрализованный характер блокчейна уменьшает поверхность атаки за счет устранения центрального органа. Это делает его устойчивым к определенным типам кибератак, повышая общий уровень безопасности.
3. **Смарт-контракты для автоматизированных протоколов безопасности:** смарт-контракты, самоисполняющийся код, развернутый в блокчейне, потенциально могут автоматизировать и обеспечить соблюдение протоколов безопасности. Это может упростить и улучшить такие процессы, как обнаружение угроз, реагирование на инциденты и даже облегчить безопасные автоматические обновления.
4. **Расширенное управление идентификацией:** блокчейн может произвести революцию в управлении идентификацией, предоставив безопасную, децентрализованную и совместимую систему. Пользователи могут иметь больший контроль над своими цифровыми удостоверениями, что снижает риск кражи личных данных и несанкционированного доступа.
5. **Криптография и сохранение конфиденциальности:** блокчейн во многом опирается на криптографические принципы. Это гарантирует, что данные в блокчейне зашифрованы и безопасны. Технологии повышения конфиденциальности, такие как доказательства с нулевым разглашением, могут быть реализованы для защиты конфиденциальной информации, сохраняя при этом возможность проверки транзакций.

Несмотря на достаточное преимущество блокчейн технологий, они также сталкиваются с рядом проблем и ограничений:

1. **Проблемы масштабируемости:** сети блокчейна, особенно общедоступные, такие как Биткойн и Эфириум, сталкиваются с проблемами масштабируемости. По мере увеличения количества транзакций проблема масштабируемости может затруднить обработку транзакций, связанных с безопасностью, в режиме реального времени, создавая проблемы для приложений, которым требуется высокая пропускная способность.
2. **Неопределенность регулирования:** нормативно-правовая база для блокчейна и криптовалют все еще развивается. Эта неопределенность может создать проблемы для организаций, стремящихся внедрить блокчейн-решения, особенно в строго регулируемых отраслях, таких как финансы и здравоохранение.
3. **Проблемы совместимости:** отсутствие стандартизированных протоколов и совместимости между различными сетями блокчейнов может препятствовать плавной интеграции блокчейна в существующие инфраструктуры кибербезопасности. Достижение совместимости различных систем остается серьезной проблемой.
4. **Уязвимости человеческого фактора:** несмотря на надежность технологии блокчейна, на человеческом уровне все еще существуют уязвимости. Фишинговые атаки, социальная инженерия и небезопасное обращение с закрытыми ключами могут поставить под угрозу безопасность систем блокчейна.

В заключение можно сказать, что использование технологии блокчейн в кибербезопасности имеет большой потенциал и может решить многие проблемы безопасности

данных. Однако, для успешной реализации этой технологии необходимо принять соответствующие меры для защиты конфиденциальности и целостности данных, а также разработать стандарты и правила для ее использования. Кроме того, необходимо учитывать возможность атак со стороны злоумышленников и принимать меры для обеспечения безопасности и надежности системы блокчейн. В целом, использование технологии блокчейн в информационной безопасности может стать важным инструментом для защиты данных в будущем, но требует серьезного подхода и инвестиций.

1. Кондрашов, М. И. Перспективы использования технологии блокчейн в производстве / М. И. Кондрашов, И. Д. Мотькин // Студенческий. – 2023. – № 2-1(214). – С. 55-57.
2. Солдатенкова, Ю. А. Блокчейн: технология, применение и перспективы развития / Ю. А. Солдатенкова, А. В. Свищев // Моя профессиональная карьера. – 2023. – Т. 3, № 55. – С. 347-351.
3. Мангасаров, Р. А. Использование блокчейн-технологий в противодействии хищениям бюджетных средств / Р. А. Мангасаров // Труды Академии управления МВД России. – 2023. – № 1(65). – С. 86-94. – DOI 10.24412/2072-9391-2023-165-86-94.
4. Степанов, И. Е. Применение технологии блокчейн для обеспечения надежности и безопасности данных в интернете вещей / И. Е. Степанов // Вестник науки. – 2023. – Т. 4, № 5(62). – С. 762-769.
5. Чумбуридзе, Я. А. Модель обеспечения безопасности данных в медицинских информационных системах средствами распределенного реестра / Я. А. Чумбуридзе, Т. А. Омельченко, О. А. Астафурова // Безопасность в современном мире : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 01 марта 2022 года. – Волгоград: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, 2022.

Кондратьева Н.П.¹, Большин Р.Г.²

Модернизация цифровой системы автоматического управления электроустройства с использованием элементов искусственного интеллекта

¹Удмуртский государственный аграрный университет
(Россия, Ижевск)

²Российский государственный аграрный университет- Московская
сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-487

Аннотация

Новые государственные строительные нормы по проектированию жилых домов повышают комфорт жителей. Лифт – это электроустройство, которое обеспечивает удобство перемещения людей, особенно маломобильных групп населения: людей с инвалидностью, беременных женщин, пожилых людей, родителей с маленькими детьми. **Целью работы** является модернизация цифровой системы автоматического управления лифта с использованием элементов искусственного интеллекта, позволяющая улучшить на 5-6% показатели по сравнению с лифтом, работающим по старому алгоритму.

Ключевые слова: цифровые системы автоматического управления, лифт, электроустройство, алгоритм, искусственный интеллект, экономия электроэнергии

Abstract

New state building standards for the design of residential buildings increase the comfort of residents. An elevator is an electrical device that provides ease of movement for people, especially people with limited mobility: people with disabilities, pregnant women, the elderly, parents with small children. The goal of the work is to modernize the digital elevator automatic control system using elements of artificial intelligence, which will improve performance by 5-6% compared to an elevator operating according to the old algorithm.

Keywords: digital automatic control systems, elevator, electrical device, algorithm, artificial intelligence, energy saving.

Новые государственные строительные нормы по проектированию жилых домов повышают комфорт жителей. Лифт – это электроустройство, которое обеспечивает удобство перемещения людей, особенно маломобильных групп населения: людей с инвалидностью, беременных женщин, пожилых людей, родителей с маленькими детьми при поднятии на верхние этажи или при спуске на первый этаж жилых домов [1]. В новых нормах отмечается, что в жилых домах с отметкой пола верхнего жилого **этажа**, превышающей на 8 м отметку пола первого **этажа** (т. е. 3-й **этаж** и выше), рекомендуется устанавливать пассажирские **лифты**. А в случае превышения на 12 м и более (то есть, 4-й **этаж** и выше) — их установки обязательны.

Управление лифтом, как электроустройством, осуществляется **по приказам с кнопочных постов из кабины или по вызовам с кнопочных постов на этажных площадках** [1, 2, 3]. По приказам осуществляется собирательное управление как при движении лифта к основному посадочному этажу, так и при движении лифта от основного посадочного этажа.

Существуют следующие 3 **типа управления лифтом** [4, 5, 6]:

- внутреннее **управление**, при котором **лифтом** управляют из купе кабины;
- наружное **управление** с остановочных площадок;
- смешанное **управление** из купе кабины **лифта** и с остановочных площадок.

В связи с ростом цен на электрическую энергию модернизация цифровой системы автоматического управления электроустройства на примере лифта с использованием элементов искусственного интеллекта, обеспечивающая комфорт и удобство перемещения людей при сокращении финансовых затрат на израсходованную электроэнергию, является актуальной задачей.

Целью работы является модернизация цифровой системы автоматического управления лифта с использованием элементов искусственного интеллекта.

Материалы и методы. Для повышения эффективности модернизируем существующий алгоритм поведения лифта, по которому искусственный интеллект, осуществляет корректировку поведения лифта, так как с текущим алгоритмом искусственный интеллект способен обрабатывать лишь один вызов одновременно, что, непременно, создаст трудности при перевозке большого количества пассажиров.

Текущий алгоритм реализован в классе MovementLogic, который, в свою очередь, реализует интерфейс MovementLogic. Переименуем класс MovementLogic в MovementLogic_Simple, и создадим новый класс MovementLogic_Queue, реализующий тот же интерфейс для программирования улучшенного алгоритма, который будет характеризоваться поддержкой очереди вызовов и лифт станет «запоминать» этажи, на которые его вызвали или отправили, и обходить их в порядке очереди [7, 8, 9]. Кроме этого, лифт начнет останавливаться на вызванных этажах при движении вниз, чтобы собирать пассажиров, желающих спуститься на первый этаж вместо того, чтобы обрабатывать каждый вызов в отдельности.

Для тестирования будущего модуля симуляции людей необходимо иметь возможность просмотреть события, происходившие с лифтом, и записанные в базу данных (БД). Для этого можно немного доработать текущий графический интерфейс [9, 10]. Он уже обладает функционалом отображения событий, приходящих из слоя бизнес-логики (BAL): информация о взаимодействии пассажиров с лифтом (в интерфейсе) уходит в слой BAL, и далее – к цифровому контроллеру, который формирует событие, как реакцию на действия пассажиров, и отправляет его обратно в BAL, откуда оно уходит в двух направлениях: в DAL для записи в БД и в графический интерфейс для визуального отображения.

Графический интерфейс хорош для тщательного воспроизведения конкретных ситуаций с хорошей визуализацией происходящих событий, а модуль, имитирующий поведение людей, лучше подойдет для быстрого воспроизведения ситуации, приближенной к реальной, для последующего анализа и сравнения статистики.

Имитация поведения людей при взаимодействии с лифтом происходит по той же схеме взаимодействия с лифтом двух пассажиров из графического интерфейса. Информация о всех действиях людей через бизнес-логику попадает в цифровой контроллер лифта, который

отправляет события в бизнес-логику, а далее на модуль симуляции поведения людей. Получая информацию о событиях, происходящих с лифтом, модуль реагирует на них, имитируя соответствующее поведение пассажиров.

Для замены графического интерфейса создадим новый модуль, с функциональной точки зрения работающий по его аналогии. Это будет консольный проект EmulationPeople. Его основной класс EPEngine содержит в себе весь алгоритм появления людей и обработки событий, приходящих из бизнес-логики, а вспомогательный класс EPUser будет отвечать за пассажиров, пользующихся лифтом.

Результаты экспериментов. Рассмотрим подъезд жилого дома с установленным в нём лифтом. Предположим, что на каждом этаже имеется 4 квартиры с 3 жителями в каждой, т. е. 12 жителей на этаж. В будний день жильцы выходят на работу в утренние часы, и возвращаются домой вечером. Зададим временные промежутки по 3 часа, начиная с полуночи. Получим 7 промежутков времени с разной активностью пассажиров. В ночные часы активность крайне низкая, но она резко возрастает утром, когда жильцы обычно уходят на работу и используют лифт преимущественно для спуска с верхних этажей на первый. Днём активность снижается: небольшое количество жителей как приходят домой, так и уходят. К вечеру возникает ситуация, обратная утренней: жильцы подъезда возвращаются с работы домой, используя лифт, чтобы подняться с первого этажа на какой-либо другой. Ближе к ночи активность вновь снижается, т.к. почти все люди уже вернулись домой. Более того, с утра и до позднего вечера лифтом изредка могут пользоваться люди, не проживающие в подъезде – назовём их «гости». Определившись с вероятностями, напишем метод для генерации людей на этажах, с учетом, что вызываться он будет каждую виртуальную секунду.

Для оценки уровня терпения пассажира вводится условная величина «агрессии». Она повышается, если пассажир сталкивается с неблагоприятными ситуациями (лифт проехал мимо этажа, на котором стоит пассажир; слишком длительное ожидание и т.п.). С повышением уровня агрессии увеличивается шанс, что человек решит не дожидаться лифта, и воспользуется лестницей.

Модуль симуляции людей быстро «прокручивает» виртуальное время, взаимодействуя с лифтом от лица жильцов подъезда.

Предложенные технические мероприятия позволяют быстро анализировать виртуальное время и записывать события лифта в базу данных. События можно просмотреть в графическом интерфейсе с помощью проигрывателя, однако анализировать такой объем информации вручную – долгий процесс. Выгоднее использовать искусственный интеллект [11, 12, 13]. и написать для него программный код, тогда он сделает эту работу за нас. Встраиваем функционал для сбора статистики в интерфейс наряду с проигрывателем. На рисунке 1 показано окно вывода показателей статистики на экран.

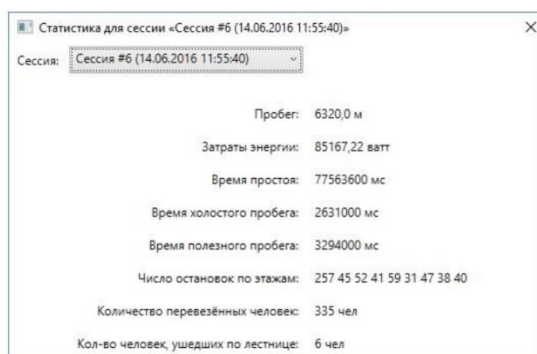


Рисунок 4. Вывод показателей статистики на экран.

Для сравнения двух алгоритмов работы лифта запустим модуль симуляции людей дважды: первый раз для лифта с простым алгоритмом поведения, второй раз для лифта с улучшенным алгоритмом с элементами искусственного интеллекта [14, 15].

В обоих случаях настройки симулятора одинаковы: сутки виртуального времени в одном и том же жилом доме. В таблице 1 показано сравнение эффективности работы лифтов по разным алгоритмам.

Таблица 1

Сравнение показателей эффективности работы лифтов по алгоритмам.

Показатель	Алгоритм		Выигрыш
	новый	старый	
Пробег, м	6 004,00	6 320,00	5,00%
Затраты энергии, Вт	79 252,53	85 167,22	6,94%
Время простоя, с	81 851,200	77 563,600	5,24%
Время холостого пробега, с	2 582,000	2 631,000	1,86%
Время полезного пробега, с	3 084,500	3 294,000	6,36%
Кол-во перевезенных, чел.	337	335	-0,60%
Кол-во человек, ушедших по лестнице	1	6	83,33%

Из таблицы 1 видно, что пробег у старого лифта больше на 316 метров, затраты электроэнергии больше на 5,914 кВт. При этом лифт со старым алгоритмом поведения тратит больше времени на перевозку пассажиров, что подтверждается количеством человек, которые предпочли пойти по лестнице, т.к. они устали ждать лифт. Таким образом цифровая система автоматизированного управления позволяет существенно экономить электроэнергию и эффективно управлять процессом [16, 17, 18, 19].

Заключение.

1. Модернизированная цифровая система автоматического управления с элементами искусственного интеллекта позволила на 5-6% улучшить показатели по сравнению с лифтом, работающим по старому алгоритму и перевезти на 2 пассажира больше за одно и тоже время.
2. На основании показателей статистики, видно преимущество модернизированной цифровой системы автоматического управления лифта с элементами искусственного интеллекта, управляющего его работой по новому алгоритму.

1. ГОСТ 28911-2021 Лифты. Устройства управления, сигнализации и дополнительное оборудование (с поправкой)
2. Кузин, А.В. Базы данных / С.В. Левонисова. – 3-е изд.; Гриф УМО. – М.: Академия, 2008. – 315 с.
3. Агальцов, В.П. Базы данных. Кн.1. Локальные базы данных. – 2-е изд., перераб.; Гриф УМО. – М.: ФОРУМ - ИНФРА-М, 2009. – 349 с.
4. Агальцов, В.П. Базы данных. Кн. 2. Распределенные и удаленные базы данных. – Гриф УМО. – М.: ФОРУМ - ИНФРА-М, 2009. – 270 с.
5. Малыгина, М.П. Базы данных: основы, проектирование, использование. – 2-е изд.; Гриф УМО. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 517 с.
6. Мельников, В.П. Информационные технологии. – Гриф УМО. – М.: Академия, 2008. – 425 с.
7. Черников, Б.В. Информационные технологии управления. – Гриф УМО. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. – 351 с.: ил. 8. Кнут, Д.Э. Искусство программирования: в 4 ч. – 2-е изд. - М.: «Вильямс», 2007. – 824 с.
8. Гвоздева, Т.В. Проектирование информационных систем / Б.А. Баллод. – Гриф УМО. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – 508 с.
9. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем / Г.Н. Денищенко, Н.Л. Коровкина. – 2-е изд. – М.: Интернет-Ун-т Информ. Технологий: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. – 299 с.
10. Федоров, Н.В. Проектирование информационных систем на основе современных CASE-технологий. – 2-е изд. – М.: МГИУ, 2008. – 278 с.
11. Кондратьева, Н.П. Цифровая автоматизированная система с элементами искусственного интеллекта для управления процессом сушки зерна / Кондратьева, Н.П. Краснолуцкая М.Г., Корепанов И.Я., Большин Р.Г. // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова. Саратов, 2023. С. 351-356.
12. Кондратьева, Н.П. Управления скоростью вращения барабана сушиллки зерна цифровой автоматизированной системой с элементами искусственного интеллекта / Кондратьева Н.П., Краснолуцкая М.Г., Корепанов И.Я., Большин Р.Г. // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова. Саратов, 2023. С. 357-362.

13. Kondrateva, N.P. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutskaaya M.G., Selunskiy V.V. // Light & Engineering. 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.
14. Кондратьева, Н.П. Эффект синергизма для управления посевными качествами семян люцерны изменчивой с элементами нейросети для контроля дозы УФО / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Духтанова Н.В., Селунский В.В., Нетёсов С.В. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59).
15. Кондратьева, Н.П. Цифровое средство автоматизации для реализации энергоэффективного режима облучения микрочеренков сливы садовой в культуре in vitro / Кондратьева Н.П., Ахатов Р.З., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Селунский В.В. // Светотехника. 2023. № 5. С. 32-37.
16. Кондратьева, Н.П. Разработка цифровой автоматизированной системы управления для реализации энергоэффективного освещения / Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Туктарев М.Л., Краснолуцкая М.Г. // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 95-6. С. 66-68.
17. Кондратьева, Н.П. Применение цифровых автоматизированных технологий для энергоэффективной системы освещения животноводческих помещений / Кондратьева Н.П., Чернов И.С., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 96-9. С. 55-59
18. Kondrateva, N.P. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / Kondrateva N., Bolshin R., Krasnolutskaaya M., Shishov A., Filatov D., Ovchukova S., Mikheev G. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021" 2021. С. 012004.
19. Kondrateva, N.P. Synergistic effect of the simultaneous exposure to ultraviolet radiation and nano-silicon preparation to increase the rate of seed germination / Kondrateva N., Kasatkina N., Nelyubina Zh.S., Maksimov I.I., Kirillov N.K., Ovchukova S.A., Rudenok V.A., Buzmakov D., Bolshin R.G., Zaitsev P. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2020" 2020. С. 012011.

Кузнецов А.В., Ашрятов А.А.

Особенности проектирования схем питания для светодиодных автомобильных ламп

*Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-488

Аннотация

В автомобиле светодиоды являются популярным выбором для освещения, от задних фонарей до индикаторов приборной панели. Их маленький размер позволяет гибко использовать в архитектуре автомобиля и они имеют потенциал длительного срока службы, практически равному сроку службы автомобиля. Однако светодиоды подвержены повреждениям от нестабильного напряжения, тока и температуры, особенно в суровых автомобильных условиях. Для оптимизации их эффективности и долголетия необходима тщательный анализ при проектировании схем светодиодных драйверов.

Ключевые слова: светодиоды, схемы питания, напряжение, автомобиль.

Abstract

In a car, LEDs are a popular choice for lighting, from taillights to dashboard indicators. Their small size allows for flexible use in the architecture of the car and they have the potential for a long service life, almost equal to the service life of the car. However, LEDs are prone to damage from unstable voltage, current, and temperature, especially in harsh automotive environments. To optimize their efficiency and longevity, a thorough analysis of the design of LED driver circuits is necessary.

Keywords: LEDs, power circuits, voltage, car.

Светодиоды – это устройства, управляемые током и значительно зависимые от изменения рабочих условий, таких как напряжение и температура. Светодиоды, используемые в автомобильной среде, подвержены широкому спектру рабочих условий, и светодиоды могут часто деградировать или полностью отказывать до ожидаемого срока службы. Правильное проектирование схемы может повысить долговечность и эффективность светодиода.

Электронные схемы, используемые для управления светодиодами, часто реализуются на основе транзисторов. Одной из типичных топологий схем для управления светодиодами

является линейная топология, в которой транзистор работает в линейной области. При котором есть выбор реализации схем управления с использованием дискретных транзисторов или транзисторов, интегрированных в полупроводниковую интегральную схему (ИС) с другой функциональностью, связанной со светодиодами. В дискретном варианте популярны биполярные структуры и с точки зрения электрической схемы их просто и легко реализовать. Однако при разработке полного решения могут возникнуть значительные проблемы, связанные с точностью тока, размером платы, тепловым режимом и обнаружением неисправностей при различных температурах и условиях входного напряжения.

Кроме того, при увеличении количества светодиодов или усложнении требований проекта схема с дискретными транзисторами становится более сложной. В отличие от проектирования с дискретными компонентами, использование интегрированных решений может упростить не только проектирование схемы, но и процесс их тестирования. Кроме того, общее решение может быть даже дешевле. Таким образом, при проектировании схем для управления светодиодами в автомобилях важно учитывать приоритеты светодиодов, сравнивать варианты схемных решений и учитывать потребности системы.

Помимо напряжения и тока питания, требуется также тщательный анализ температуры и энергоэффективности. При протекании тока через светодиод, часть энергии преобразуется в тепло на PN-переходе. Температура перехода светодиода зависит от окружающей температуры, теплового сопротивления между переходом светодиода и окружающим воздухом и потерей мощности.

В дополнение к самим светодиодам, необходимо учитывать энергоэффективность резисторов и управляющих компонентов, транзисторов и операционных усилителей, особенно при увеличении числа дискретных компонентов. Плохая энергоэффективность управляющей схемы, длительность времени включенного состояния светодиода и/или теплая среда могут способствовать увеличению температуры, которая влияет на выходной ток управляющих транзисторов и также снижает напряжение на светодиодах. При уменьшении напряжения, ток потребления светодиодов возрастает; это приводит к увеличению мощности потерь и повышению температуры, что в свою очередь приводит к дальнейшему снижению напряжения. Этот цикл перегрева, приводит к работе светодиодов за пределами их максимальной рабочей температуры, следовательно к их деградации и в конечном итоге отказу, поскольку потребляется слишком большой ток.

Линейное управление светодиодами возможно как с помощью дискретных компонентов, так и с помощью микросхем. Из всех вариантов самый простой способ управления светодиодом - подключить его непосредственно к источнику напряжения. Добавление соответствующего токоограничивающего резистора стабилизирует ток и обеспечит правильное падение напряжения для питания светодиода.

На рисунке 1 три светодиода расположены последовательно, при расчете напряжения необходимо учитывать общее значение напряжение всех светодиодов. Значение тока светодиодов остается неизменным. Хотя это самая простая схема управления светодиодами, она наименее практична в реальном применении. Источники питания, особенно автомобильные аккумуляторы, подвержены колебаниям. Небольшое изменение в источнике питания приводит к тому, что светодиод потребляет больше тока и, вероятно, повреждается. Кроме того, повышение уровня мощности на резисторе увеличивает его нагрев, что может способствовать выходу из строя данного элемента.

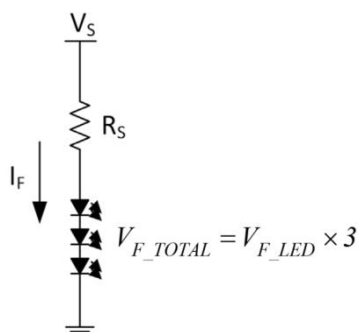


Рисунок 1. Линейная светодиодный драйвер с резистором.

Дискретные драйверы светодиодов постоянного тока обеспечивают более энергоэффективную и стабильную конструкцию. Для наиболее распространенного метода включения и выключения светодиода, используется транзистор, регулирующий подачу тока. Как показано на рисунке 2, вы можете выбрать либо транзистор с биполярным переходом или МОП-транзистор, в зависимости от требований к напряжению и току, предъявляемых к конструкции светодиода. Транзисторы могут работать с большей мощностью, чем резисторы, но они по-прежнему подвержены изменениям напряжения и температуры. Например, если напряжение на биполярном транзисторе увеличивается, то увеличивается и его ток.

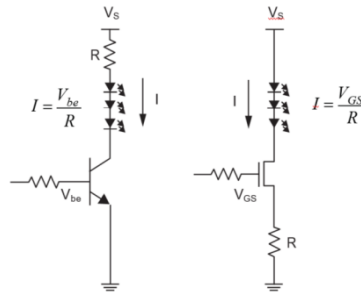


Рисунок 2. Светодиодный драйвер постоянного тока на транзисторах.

Используя в качестве основных строительных блоков, можно повторить эти схемы светодиодов на основе транзисторов для управления любым количеством светодиодных цепочек. Но управление даже несколькими светодиодами увеличивает количество компонентов, ограничивает пространство на плате и расходует контакты.

Кроме того, эти схемы не учитывают регулирование яркости и диагностику неисправностей, которые являются общими требованиями в светодиодных схемах; реализация таких требований, добавляет больше дискретных компонентов и необходимо проводить дополнительный анализ конструкции.

В проектах с большим количеством светодиодов и/или сложными требованиями проектирование дискретных схем не только становится более затратным, но и более сложным.

Чтобы упростить процесс проектирования, лучше всего использовать специальные микросхемы для управления светодиодами. Десятки дискретных компонентов, как на рисунке 2, могут быть упрощены с помощью светодиодного драйвера, который показан на рисунке 3. Микросхемы светодиодных драйверов эффективно разработаны для решения проблем, связанных с напряжением, током и температурой, характерных для светодиодов, при одновременном сокращении количества компонентов и площади платы. Кроме того, микросхемы светодиодных драйверов могут интегрировать управление яркостью и диагностику, например, защиту от перегрева.

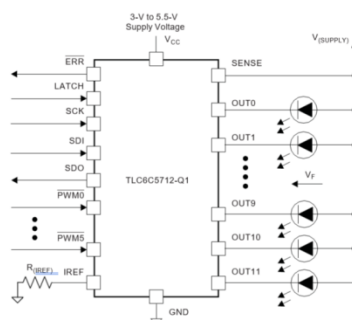


Рисунок 3. Микросхема светодиодного драйвера.

Проектирование светодиодных схем может быть сложным из-за повышенной чувствительности светодиодов к напряжению, току и температуре. Так же сложность проектирования возрастает в схемах с большим количеством светодиодов и/или сложными

требованиями, такими как регулирование яркости и отчеты о диагностике. Благодаря тщательному анализу данную проблему можно решить реализовав дискретную схему.

Однако при использовании множества дискретных устройств в светодиодной системе количество компонентов, площадь платы, общий объем и стоимость системы увеличивается; использование большого количества компонентов также увеличивает риски ошибок при проектировании и в производстве.

Учитывая ресурсы, затрачиваемые на проектирование, отладку и сборку всех отдельных компонентов, можно сэкономить время и средства с помощью интегрированных решений для светодиодных драйверов. Микросхемы светодиодных драйверов отличаются простой конструкцией, надежной работой и конкурентоспособной стоимостью.

1. Пауль, Рейнгольд. Транзисторы. Физ. Основы и свойства. – Москва, 1973 – 504 с.
2. Горюнов Н.Н. Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам. – Москва, 1968 – 350 с.
3. Кашкаров А.П. устройства на светодиодах и не только. – Москва, 2012 – 207 с.

Мамбетова С.Р., Золотарев Г.А., Бахтиярова А.В., Пименов С.Д.
Характеристика и применение наноцеллюлозы

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С. М. Кирова,
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-489

Аннотация

Наноцеллюлоза (НЦ) - это наноразмерный материал, получаемый из возобновляемых источников. НЦ в настоящее время привлекает к себе особое внимание, благодаря своим уникальным физическим и биологическим свойствам, таким как химический состав, механическая прочность, низкая токсичность и биоразлагаемость. В данной обзорной статье рассмотрены различные методы синтеза НЦ, такие как кислотный гидролиз, ферментативный гидролиз и механические методы, а также способы ее применения.

Ключевые слова: целлюлоза, наноцеллюлоза (НЦ), нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ), микрофибриллированная целлюлоза (МФЦ), бактериальная наноцеллюлоза (БНЦ).

Abstract

Nanocellulose (NC) is a nanoscale material derived from renewable sources. NC is currently attracting special attention due to its unique physical and biological properties such as chemical composition, mechanical strength, low toxicity and biodegradability. This review article discusses the various methods of synthesizing NC such as acid hydrolysis, enzymatic hydrolysis and mechanical methods and its applications.

Keywords: cellulose, nanocellulose (NC), nanocrystalline cellulose (NCC), cellulose nanocrystals (CNC), cellulose nanofibrils (CNF), bacterial nanocellulose (BNC).

Целлюлоза – это линейный полисахарид, макромолекулы которого построены из мономерных звеньев ангидро-β-D-глюкопиранозы, соединённых между собой гликозидными связями 1→4, причем каждое последующее звено повернуто по отношению к предыдущему по оси C₁-C₄ (рис. 1) [1]. Это наиболее распространённый возобновляемый полимер на сегодняшний день [2].

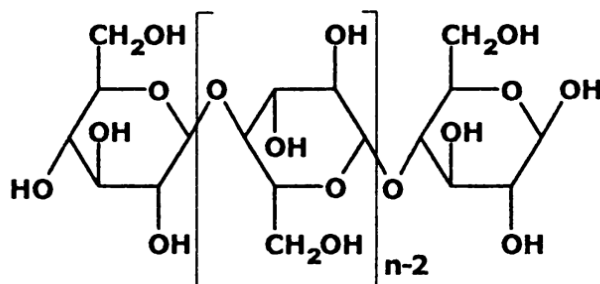


Рисунок 1. Структурная формула целлюлозы.

Наноцеллюлоза (НЦ) представляет собой набор наноразмерных кристаллических структур, получаемых из целлюлозы, которая является основным структурным компонентом растений. Кристаллические частицы обычно имеют ширину и длину в несколько нанометров, а толщина составляет около 1 нм. Благодаря небольшому размеру и высокому отношению площади поверхности к объему НЦ обладает уникальными свойствами, включая высокую прочность, жесткость, прозрачность и химическую устойчивость [3].

Выделяют три основных вида наноцеллюлозы:

- 1) микрофибриллированная целлюлоза (МФЦ);
- 2) нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ);
- 3) бактериальная наноцеллюлоза (БНЦ).

Они отличаются по морфологии, размеру частиц и кристалличности, но идентичны по химическому составу. Отдельные свойства могут различаться из-за разницы источников получения и методах извлечения [3, 4].

Нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ) - это наноцеллюлоза с высокой прочностью, которая извлекается в результате кислотного гидролиза путем удаления аморфной части целлюлозной цепи. Целлюлозные нановискеры или нанокристаллы целлюлозы имеют форму короткого стержня или форму вискера диаметром от 2 до 20 нм и длиной от 100 нм до нескольких микрон [5, 6]. Однако степень кристалличности, размерное разнообразие и морфология зависят от источника целлюлозного материала и условий приготовления [7].

Схема формирования нанокристаллической целлюлозы под действием концентрированной серной кислоты представлена на рисунке 2. Происходит разрушение аморфных областей целлюлозы с высвобождением кристаллитов наноцеллюлозы [5].

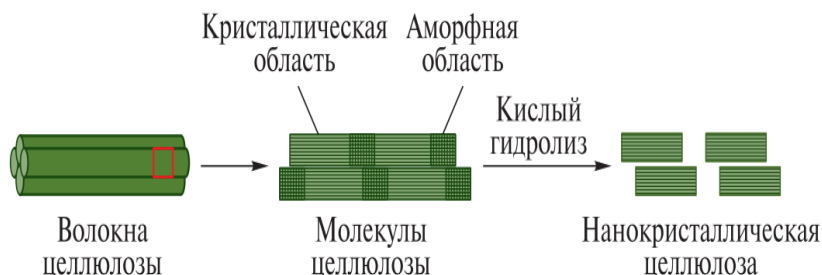


Рисунок 2. Процесс образования нанокристаллической целлюлозы.

Бактериальная наноцеллюлоза (БНЦ) образуется путем синтеза готовых наноструктур из отдельных растворимых молекул. Структура БНЦ формируется в виде стабильной гидрогелевой сетки и состоит из перепутанных ветвящихся нановолокон диаметром от 20 до 100 нм.

БНЦ обладает меньшей степенью кристаллической упорядоченности, чем МФЦ или НКЦ, но позиционируется «экологически чистой», так как не содержит остаточных химикатов [8].

После процесса ферментации штаммом бактерий *Gluconacetobacter xylinus* БНЦ извлекается из биомассы экстрагированием органическими растворителями, что представлено на рисунке 3 [5].

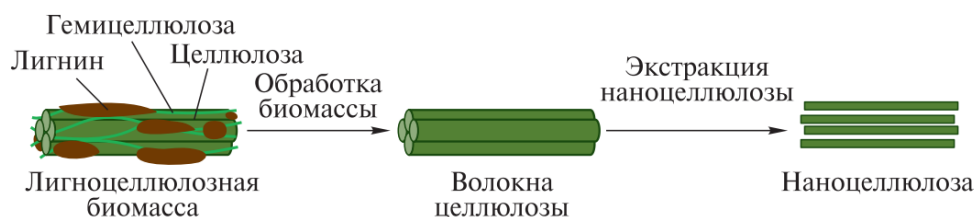


Рисунок 3. Схема получения бактериальной наноцеллюлозы из биомассы.

Микрофибриллированная целлюлоза (МФЦ) – это целлюлоза, получаемая путем продолжительной механической дезинтеграции разбавленных (0.5–1.0%) водных дисперсий волокон целлюлозы. В результате таких воздействий, как гомогенизация высокого давления, ультразвуковая дезинтеграция, автоклавирование парового «взрыва» целлюлозы, происходит распад волокон, приводящий к образованию микро- и нанофибриллированной целлюлозы, что представлено на рисунке 4 [5, 9].

МФЦ образована отдельными целлюлозными микрофибриллами диаметром 2–10 нм, которые далее группируются в пучок из 10–50 микрофибрилл диаметром до 100 нм и длиной до нескольких мкм. Микрофибриллированная целлюлоза состоит из аморфных и кристаллических участков [9].

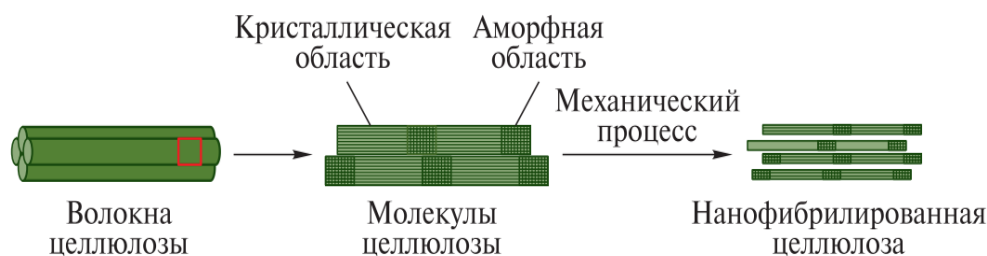


Рисунок 4. Схема получения микрофибриллированной целлюлозы.

Применение наноцеллюлозы.

Пищевая промышленность. Различные формы наноцеллюлозы используются в качестве ингредиентов для приготовления тех или иных продуктов, как натуральные эмульгаторы и стабилизаторы, а также как упаковки для пищевых продуктов [8, 10, 11].

БНЦ, в свою очередь, используется в пищевой промышленности в качестве соусов, глазури, добавок, десертов, модификаторов текстуры, а также широко применяется в производстве замороженных молочных продуктов [11].

На основе МФЦ производятся прозрачные пленки, используемые для нанесения покрытий и упаковки пищевых продуктов. Они обладают отличными барьерными свойствами и могут выступать в качестве кислородного барьера, что играет важную роль в пищевой и консервирующей промышленности [11].

Гидрогели на основе наноцеллюлозы. Гидрогели наноцеллюлозы - это гетерогенные смеси двух или более фаз, стабилизированные трехмерной сеткой целлюлозных волокон [8]. Они применяются в различных сферах жизнедеятельности человека. Например, гидрогели НЦ используются при формовании бумаги для гофрирования, что положительно сказывается на ее показатели качества [12].

Также гидрогели применяют в пищевой промышленности для переноса нутриентов в желудочно-кишечный тракт и в 3D печати в качестве компонента для чернил. Чернила для 3D-печати на основе наноцеллюлозы обладают такими преимуществами, как устойчивость,

биоразлагаемость и повышенная механическая прочность субстратов. Использование гидрогеля с 0,8 мас. % МФЦ способен удерживать до 50 мас. % полуобезжиренного сухого молока без засорения инжектора, а использование НКЦ повышает прочность изделия [8, 13].

Биомедицина. В биомедицинской промышленности НЦ используется в составе лекарственных средств, заменителей кожи при ожогах и ранах, скаффолдах для тканевой инженерии, восстановления костей, а также реконструкции десен [6].

Биоразлагаемость НЦ гарантирует, что материал будет безопасно выведен из организма после употребления лекарства, а высокое соотношение площади поверхности к объему НЦ обеспечивает высокую эффективность [3].

В целом, данный обзор дает полное представление о синтезе, характеристиках и применении НЦ. Учитывая, необычные физические, механические и химические свойства, наноцеллюлоза имеет огромный потенциал, чтобы стать важным классом возобновляемых наноматериалов для разнообразных областей промышленности.

1. Евстигнеев, Э.И. Химия древесины / Э. И. Евстигнеев // Изд-во Политехнического ун-та, 2007. - 147 с.
2. Habibi Y., Lucia L.A., Rojas O.J. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. Chem. Rev. 2010. - 3479–3500.
3. Oyohwose U. A., Omoko V. I. Synthesis, characterization and application of nanocrystalline cellulose: A review. International Journal of Science and Research Archive. 2023. - 234–243.
4. Герке, Л. Н. Получение наноцеллюлозы / Л. Н. Герке // НАУ. №3-3, 2015. – с. 39-43.
5. Зарубина, А. Н. Целлюлоза и наноцеллюлоза. Обзор / А. Н. Зарубина,
6. А. Н. Иванкин, А. С. Кулезнев, В. А. Кочетков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, №5, 2019.
7. Bhat A. H, Dasan Y. K., Khan I., Soleimani H. and Usmani A. Application of nano. crystalline cellulose: Processing and biomedical applications. Cellul. Nanofibre Compos. Prod. Prop. Appl. 2017.
8. Brinchi L, Cotana F, Fortunati E, Kenny J. Production of nanocrystalline cellulose from lig-nocellulosic biomass: technology and applications. Carbohydr Polym, 2013.
9. Гмошинский, И. В. Наноцеллюлозы в пищевой промышленности и медицине: структура, получение и применение / И. В. Гмошинский, В. А. Шипелин, С. А. Хотимченко // Вопросы питания, №3, 2022.
10. Яценкова, О. В. Новый метод получения микрофибриллированной целлюлозы из древесины ели / А. М. Скрипников, А. А. Карачаров, Е. В. Мазурова, С. А. Воробьев, Б. Н. Кузнецов // Химия растительного сырья, №1, 2020.
11. Thomas P., Duolikun T., Rumjit N. P., Moosavi S., Lai C. W., Bin Johan M. R., Fen L. B. Comprehensive review on nanocellulose: Recent developments, challenges and future prospects. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2020.
12. Aridi A. S., Chin N., Nur A., Nor N., A review on production, application, and toxicological analyses of nanocrystalline cellulose as a novel fat replacer food additive. Food Research, №6, 2022.
13. Воскобойников, И. В. Применение гидрогелей наноцеллюлозы при формовании бумаги и картона из различных видов волокнистого сырья / И. В. Воскобойников, В. А. Кондратюк, С. Н. Никольский, С. А. Константинова, А. Н. Коротков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, №8, 2012.
14. Shi G., Tian M., Chen Y., Zhong L, Zhang W., Chen Z., Sun S., Xia R., Iwuoha E., Peng X. Nanocellulose-Based Ink for Vertically 3D Printing Micro-Architectures with High-Resolution. Advanced Functional Materials, 2024.

Мартынов Д.Д.¹, Салюк Д. И.²

Теория живучести сложных технических систем. Основные положения

¹Военно–морской политехнический институт Военного учебно–научного центра Военно–Морского Флота «Военно–морская академия»

²Общество с ограниченной ответственностью «А–Версия»
(Россия, Санкт–Петербург)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-490

Аннотация

В статье кратко изложены основные положения теории живучести сложных технических систем. Живучесть систем рассматривается как высший уровень сложного комплексного свойства любой системы – устойчивость существования. Рассмотрены уровни

развития устойчивости, виды резервирования, способы поведения системы при взаимодействии с внешней средой.

Ключевые слова: сложная техническая система, внешняя среда, устойчивость существования системы, уровни устойчивости, живучесть системы, виды резервирования, цели существования системы, способы поведения системы.

Abstract

The article briefly summarizes the basic provisions of the theory of vitality of complex technical systems. The vitality of systems is considered as the highest level of a complex property of any system – the stability of existence. The levels of stability development, types of reservation, ways of behavior of the system when interacting with the external environment are considered.

Keywords: complex technical systems, external environment, stability of existence, level of stability, vitality of system, types of reservation, existence purpose of system, ways of behavior of the system.

Технический прогресс остановить невозможно. Техника непрерывно совершенствуется, становится все более сложной, наукоемкой и затратной. Технические системы (машины) предназначены для замены или облегчения труда человека, поэтому создаются для достижения конкретных целей, выполнения конкретных функций и функционирования в конкретных условиях. Для этого технические системы должны обладать вполне определенными свойствами. Усиление одних свойств всегда связано с ослаблением других. Технические системы управляются человеком или с помощью автоматизированных, автоматических, кибернетических систем, а в последние годы и с помощью искусственного интеллекта. И этот процесс только нарастает. Что можно поручить искусственному интеллекту, а что нельзя? В последние десятилетия активно развивается теория сложных систем, которая должна ответить на подобные вопросы. Одним из разделов этой теории является теория живучести сложных систем.

История развития учения о живучести технических систем насчитывает чуть более сто лет. Знаменитый русский адмирал С. О. Макаров в 1894 г. первым ввел и дал определение термина «живучесть» применительно к такой сложной технической системе, как корабль [1]. Именно это событие и явилось толчком к зарождению учения об этом сложном и комплексном свойстве технических систем. С. О. Макаров под этим термином понимал такое свойство системы, которое позволяет поддерживать рабочее состояние при повреждении ее отдельных частей (способность продолжать бой, имея повреждения в различных боевых частях), т. е. функциональную стойкость.

На первоначальном этапе методы исследования живучести носили чисто эмпирический характер и касались только кораблей Военно-Морского Флота. Дальнейшее развитие учения привело к тому, что в конце 30-х годов XX века под живучестью системы стали понимать ее стойкость по отношению к неблагоприятным воздействиям внешней среды (стойкость к внешним воздействиям). К началу 40-х годов XX века под термином «живучесть» стали понимать уже совокупность таких частных свойств системы, как функциональная стойкость и восстановление функционирования после повреждения ее отдельных элементов (восстанавливаемость) [4].

В конце 50-х годов XX века накопленные данные, основанные в основном на опыте боевых действий в годы Великой отечественной войны, позволили исследователям дополнить содержание термина «живучесть» новыми свойствами и включить в него такие частные свойства систем, как стойкость к внешним воздействиям, функциональную стойкость и восстанавливаемость. Это и явилось толчком к новому этапу развития учения о живучести технических систем военного назначения. Методы исследования живучести стали носить эмпирико-теоретический характер.

С середины 70-х годов XX века интенсивность работ по исследованию живучести традиционных и новых технических систем военного назначения значительно увеличилась. Живучесть системы перестала быть прерогативой только кораблестроителей и моряков. Наибольшую активность работы по исследованию живучести систем военного назначения приобрели в 80-е года XX века. В Военно-Морском Флоте толчком этому явились события, связанные с Англо-Аргентинским конфликтом 1982 г. и рядом крупных аварий и катастроф

кораблей ВМФ в этот период. Методы исследования живучести приобрели теоретико-эмпирическую направленность, хотя во многом еще спонтанную и не носящую системный характер.

В начале 90-х годов XX века исследования в области живучести технических систем продолжились, хотя интенсивность их резко снизилась. Именно в этот период в понятие «живучесть» стали включать и другие частные свойства систем, такие как сопротивляемость, скрытность и маневренность, причем сочетание их выбиралось различными исследователями в зависимости от военно-технического назначения системы и условий, в которых она функционировала. Появилась возможность теоретических обоснований и обобщений, которые могли быть положены в основу теории живучести сложных технических систем. Однако к концу 90-х годов работы в этом направлении были практически прекращены. В первое десятилетие XXI века теоретические исследования живучести систем практически не проводились.

В настоящее время отмечается существенное усложнение технических систем, их широкая автоматизация, роботизация, внедрение искусственного интеллекта. Поэтому обеспечение их живучести становится одной из важных задач.

Анализ возможных способов поведения систем при взаимодействии с внешней средой позволяет выявить некоторые важные закономерности. При этом под внешней средой, по отношению к рассматриваемой системе, понимаются взаимосвязанные объекты (другие системы) и явления (природные, социальные, экономические, военные и т. п.) не относящиеся к самой системе. В целях предотвратить возможное негативное воздействие со стороны внешней среды система будет стремиться оказать предупреждающее (превентивное) воздействие на среду (агрессивность) или проявлять некую демонстративную агрессивность в целях недопущения возможных неблагоприятных для себя воздействий.

Демонстрация агрессивности не всегда оказывается эффективной. Система в этом случае может предпринять попытку избежать опасности воздействия со стороны внешней среды с помощью маскировки (скрытности), чтобы не быть обнаруженной и идентифицированной средой в качестве цели неблагоприятного воздействия.

Будучи обнаруженной средой, она стремится уклониться, избежать неблагоприятного воздействия внешней среды, выйти из зоны воздействия (маневренность или подвижность). Если уклониться от неблагоприятного воздействия среды не удастся, система с помощью определенных защитных свойств попытается ослабить негативное воздействие среды, противостоять ей с помощью активных элементов (сопротивляемость) и пассивных элементов (защищенность), а при получении повреждений - сохранить в определенной мере свои функции (стойкость). После прекращения неблагоприятного воздействия среды система попытается восстановить утраченные элементы и функции (восстанавливаемость). Такое поведение в полной мере справедливо для развитых биологических систем, однако постоянно растущая сложность современных технических систем назначения делает необходимым рассматривать обеспечение их живучести с биотехнических позиций, как эргатической системы (системы «человек-техника»).

При исследовании живучести системы, как комплексного свойства, необходимо воспользоваться общесистемным принципом формирования общих понятий на основании объединения всех известных и новых признаков этого свойства. На основании принципа объединения признаков можно утверждать, что живучесть, как комплексное свойство системы, состоит из совокупности частных свойств, таких как агрессивность (демонстративная), скрытность, маневренность (подвижность), сопротивляемость, стойкость и восстанавливаемость [2]. При этом живучесть не является простой суммой частных свойств, а является свойством более высокого порядка. Следует заметить, что перечисленные частные свойства находятся в динамическом единстве и равновесии. Усиление одного из них всегда приводит к ослаблению других. Степень их развитости и соотношения между собой в значительной степени зависит от условий, в которых существует система, и от типов внешних воздействий, которые чаще и значительнее всего среда оказывает на систему. При этом недостаток развитости одного из каких-либо частных свойств система с лихвой может возместить за счет использования других свойств. Изменение воздействий среды требует от системы изменения соотношения частных свойств живучести. Если система не успевает приспособиться к изменениям внешней среды, среда уничтожит ее. Исходя из этого известный принцип «Выживает сильнейший» справедливо перефразировать на «Выживает быстрее приспособляющийся».

Любое взаимодействие системы и внешней среды всегда связано с обменом энергии и ресурсами между ними. При взаимодействии со средой система в любой момент стремится перейти в состояние динамического энергетического равновесия со средой при минимально возможных затратах энергии (принцип наименьшего действия У. Р. Гамильтона). При этом система стремится в возможной степени сохранить свой энергетический потенциал, а внешняя среда – изменить его для сохранения своего. Глобальной целью любой системы является стремление сохранить свое существование за счет ответных воздействий на действия внешней среды. При этом система использует дифференциацию и лабильность своих элементов. Дифференциация обеспечивает структурное и функциональное разнообразие элементов системы, а лабильность – многообразие функций отдельных элементов системы без изменения ее структуры.

Таким образом, под живучестью сложной системы следует понимать ее свойство достигать цели существования в условиях взаимодействия с внешней средой. Живучесть обеспечивает устойчивость существования системы как обособленного объекта внутри окружающей среды.

С определенной долей общности к уровням устойчивости существования систем можно отнести следующие: прочность, обратная связь, надежность, помехоустойчивость, самоорганизация, адаптивность и живучесть [4]. При этом иерархичность уровней устойчивости приведена от более простых к более развитым. Считается, что для всех известных в настоящее время вещественных систем живучесть является верхним уровнем устойчивости существования. Следует отметить глубокую структурированность и иерархичность этих семи уровней устойчивости. Справедливость такого деления уровней подтверждается «семеричностью» иерархии систем (семь нот, семь цветов, семь дней «творения мира»), семь уровней развития физических объектов (электрон, нуклон, ядро, атом, молекула, кристалл, физическое тело), семь уровней развития биологических объектов (молекула, клетка, организм, популяция, биогеоценоз, экосистема, биосфера), семь уровней развития космических объектов (звезда, звездно-планетная система, скопление звезд, галактика, скопление галактик, Вселенная, МИР) [8].

Уровни устойчивости могут быть объединены в группы: устойчивость состояния (прочность, обратная связь, надежность), устойчивость алгоритма функционирования (помехоустойчивость, самоорганизация), устойчивость целей существования (адаптивность, живучесть) [5].

Каждый уровень устойчивости существования обеспечивается наличием у системы определенными видами внутренних резервов (собственных ресурсов), которыми она может воспользоваться в случае неблагоприятного воздействия внешней среды. При этом для каждого уровня устойчивости существуют характерные виды резервов: стойкости, нагрузочные, структурные, функциональные, времени, информационные и др. [6].

К самым простым резервам стойкости можно отнести запасы механической прочности элемента системы, тепло- и холодостойкости, износостойкости, ударостойкости и т. п.

Нагрузочный резерв предназначен для обеспечения функционирования системы при взаимодействии со средой за счет энергетических или вещественных ресурсов. Например, сохранять устойчивое функционирование в течение некоторого времени при превышении нагрузки выше номинальной.

Структурный резерв подразумевает наличие в системе избыточных элементов или функциональных связей между элементами, которые могут быть использованы в случае выхода из строя основных элементов или нарушения связей между ними. Чем больше структурный резерв, тем сложнее структура системы, тем хуже она управляема, а ее поведение становится менее рациональным.

Функциональное резервирование предполагает возможность отдельных элементов системы в случае необходимости выполнять дополнительные функции, которые выполнялись другими элементами системы до их повреждения.

Резерв времени обеспечивается инерционностью реакций системы на воздействие среды и дает ей возможность своевременно адаптировать свое поведение в соответствии с интенсивностью и характером внешнего воздействия.

Информационный резерв необходим системе для распознавания характера и интенсивности внешнего воздействия, определения состояния своих элементов и выбора типа своего поведения в ответ на внешнее воздействие. Основными параметрами информации

являются: объем, содержание, ценность (полезность), своевременность, достоверность. Объем и содержание информации должны быть такими, чтобы удовлетворять требованиям достоверности. Для повышения достоверности и применяется избыточность информации - увеличение ее объема с одним и тем же содержанием. Ценность информации заключается в содержании в ней истины, полезность – в увеличении в ней уверенности.

Более высокий уровень устойчивости существования системы обеспечивается не только своими, специфическими видами резервов, но и другими видами, характерными для более низких уровней устойчивости. Виды резервов, характерные для более низких уровней устойчивости, как правило, обеспечиваются на микроуровне (атомарном, молекулярном, кристаллическом) или среднем уровне (отдельных деталей, простых узлов), для более высоких уровней – на макроуровне (механизмов, узлов, функциональных связей между элементами, алгоритмов функционирования).

Развитие технических систем связано с повышением уровня их устойчивости, расширением видов и повышением уровней резервов, усилением функциональной специализации отдельных элементов. Развитие системы зависит от поступления ресурсов и энергии из окружающей среды и проходит в конкретных внешних условиях. Любая система функционирует с наибольшей эффективностью в характерных для нее внешних условиях. При резком и значительном изменении внешних условий и ограничениях ресурсов специализированная система погибает.

С развитием устойчивости системы в ее составе появляются специальные активные элементы, не выполняющие внутренние функции, а предназначенные для реализации алгоритмов функционирования системы, использования ею, в случае необходимости, основных видов резервов. Возрастает эргатичность системы. Сложные эргатические системы, по способу своего поведения можно подразделить:

- целеориентированные, когда цели системы не сформулированы или сформулированы не четко и приоритет их не определен, а риск при том или ином варианте поведения системы не учитывается;
- целенаправленные, когда цели сформулированы четко, приоритет их жестко определен, но риск поведения не учитывается;
- целеполагающие, когда цели определены, но приоритет их меняется в зависимости от ситуации и риск от того или иного способа поведения учитывается.

Преимущество перед другими всегда будет иметь целеполагающая система, обеспечивающая целеполагание и выбор наиболее рациональных способов поведения за счет эргатических элементов или специальных элементов «искусственного интеллекта» [7].

Таким образом, теория живучести сложных технических систем должна решать следующие вопросы:

- исследование воздействий внешней среды, имеющей для системы катастрофический характер;
- обеспечение рациональных соотношений между частными свойствами живучести системы;
- определение рациональных соотношений между различными видами резервов системы;
- поиск рациональных вариантов поведения системы в условиях неблагоприятных воздействий внешней среды.

1. Макаров С. О. Рассуждения по вопросам морской тактики. –М.: Военмориздат, 1943. – 277 с.
2. Мартынов Д. Д. О построении теории живучести систем //Материалы по обмену опытом / Всесоюзное НТО им. А. Н. Крылова. Секция технологии судостроения Материалы по обмену опытом. Вып. 492, 1990. –Л.: Судостроение, 1990. – С. 8–12.
3. Мартынов Д. Д. О теоретических аспектах живучести систем // Материалы совещания по вопросам обеспечения живучести кораблей ВМФ 15 июля 1993 г. –СПб.: Тип. ВВМИУ, 1994. – С. 34–40.
4. Мартынов Д. Д. Некоторые идеи о создании теории живучести систем // Обеспечение живучести кораблей и судов / Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию науки о живучести кораблей и судов.–СПб.: Тип. ВМА, 1996. – С. 29–35.

5. Мартынов Д. Д. Основы живучести систем // Проблемы живучести и диагностики для кораблей ВМФ / Межвузовский сборник. Ч. II. –СПб.: Тип. ВВМИУ, 1997. – С. 100–114.
6. Мартынов Д. Д., Бибииков И. Н. О понятии резервирования при исследовании живучести технических систем // Межвузовский сборник трудов «Проблемы живучести и диагностики для кораблей ВМФ». –СПб.: Тип. ВВМИУ, 1998.– с. 45...55.
7. Мартынов Д. Д. Основы теории живучести систем // Материалы межведомственной научно-практической конференции «Проблемы обеспечения эффективной эксплуатации корабельной техники». –СПб.: Тип. ВМИИ, 2002. – С. 67-78.
8. Поляков В. И. Экзамен на «Homo sapiens – II». –М.: Российская академия естествознания, 2008. – 596 с.

Медведева М.В., Титаренко Н.В.

Мотивация на внеурочной деятельности технических направлений

*Адыгейский государственный университет
(Россия, Майкоп)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-491

Аннотация

Внеурочная деятельность в технических направлениях для школьников может быть очень мотивирующей и интересной. Эти занятия помогут детям развить свои навыки и увлечения, а также подготовить их к будущей профессиональной деятельности в области техники и науки. Многие школьники предпочитают проводить свободное время за играми в интернете, вместо того чтобы участвовать в кружках или клубах, где можно было бы изучать и развивать свои навыки в области науки, техники, инженерии и математики (STEM).

Ключевые слова: мотивация, внеурочная деятельность, техническое направление, дополнительное образование, поддержка, достижение цели, обучение.

Abstract

Extracurricular activities in technical fields for schoolchildren can be very motivating and interesting. These classes will help children develop their skills and hobbies, as well as prepare them for future professional activities in the field of technology and science. Many students prefer to spend their free time playing games on the Internet, instead of participating in clubs or clubs where they could study and develop their skills in science, technology, engineering and mathematics (STEM).

Keywords: motivation, extracurricular activities, technical direction, additional education, support, achieving goals, training.

В настоящее время у многих обучающихся возникают проблемы с желанием идти обучаться в объединения дополнительного образования. Этому способствует незаинтересованность школьников и отсутствие мотивации заниматься дополнительно.

Очень часто данной проблеме способствует резкое падение интереса к учению, снижение учебной мотивации. Именно поэтому, необходимо знать основные мотивы учения обучающихся в объединениях дополнительного образования, ведь они помогают повышать интерес обучающихся.

В объединениях дополнительного образования необходимо поддерживать и развивать учебный интерес, так как в наш век информационных технологий у детей часто возникает вопрос: «Зачем мне это нужно?», но тогда у администрации и, непосредственно, у преподавателей возникают вопросы: «Как привлечь обучающегося, чтобы он захотел ходить после школьных уроков на занятия в УДО». «Как развивать мотивацию учебной деятельности на занятиях по кулинарии в объединении по кулинарии?».

Утрата внимания у учащихся к обучению, считается одной из ключевых проблем образования. Многие отечественные и зарубежные психологи и педагоги посвящали свои работы данной проблеме: Л.И. Божович, З. Фрейда, А.Н. Леонтьева, А. Маслоу, Б.Г. Ананьева, К. Левина, С.Л. Рубинштейна, А.К. Маркова, Ф. Герцберга, П.М. Якобсона. Эти авторы считают, что интерес и мотивация к учению складывается из ряда побуждений, которые постоянно изменяются и вступают в новые отношения друг с другом.

Причин нежелания учиться может быть очень много. Можно ли в сложившихся условиях обеспечить не только желание школьников учиться, но и пробудить в них интерес к познанию? Одним из таких способов повышения качества обучения будет изучение мотивации и ее эффективной роли в познавательной деятельности. Анализ научной литературы показывает, что мотивация объясняет направленность действия, а также организованность и устойчивость целостной деятельности, стремление к достижению заданной цели.

Из этого следует, что очень важно развивать мотивацию у обучающихся, а учреждения дополнительного образования могут стать самым подходящим местом для выполнения этой функции.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что тема данного исследования актуальна.

В современной психологии и педагогике термин «мотивация» понимают в двояком смысле: «как обозначающее систему факторов, детерминирующих поведение и как характеристика процесса, который стимулирует и поддерживает поведенческую активность на определенном уровне» [7, с. 93].

В.Г. Асеев под мотивацией понимает: «все виды побуждений мотивы, потребности, интересы, стремления, цели, влечения, мотивационные установки или диспозиции, идеалы» [1, с.100].

А.К. Маркова считает, что: «мотивация является многомерным образованием отдельных мотивов, потребностей, целей, намерений, интересов, идеалов, ценностей, она состоит из ряда побуждений, постоянно меняются и вступают в новые связи друг с другом, поэтому становление мотивации не просто рост положительного или усиление негативного отношение к учебе, а усложнение структуры мотивационной сферы, побуждений, входящих в нее» [7, с.57].

А. Маслоу утверждал, что мотивация: «внутреннее поведение, побуждающее индивида предпринимать какие-либо действия, мотивация лежит в основе стимуляции индивида по удовлетворению потребностей» [12, с.77].

Д.Б. Эльконин писал, что учебная деятельность: «деятельность, основная цель и результат которой заключается не в изменении предметов внешнего мира, а в изменении учеником самого себя как субъекта учения» [4, с.218].

В.В. Давыдов под учебной деятельностью понимал: «один из основных видов деятельности человека, направленный на усвоение теоретических знаний в процессе решения учебных задач» [129, с.18].

Частным случаем мотивации является учебная мотивация. В психолого-педагогической литературе определения «мотивация учения», «учебная мотивация», «мотивация деятельности учения», «мотивационная сфера ученика» применяются как синонимы в широком или узком смысле. В первом случае, согласно А.К. Марковой, эти определения обозначают всю совокупность мотивирующих факторов, вызывающих активность субъекта и определяющих ее направленность. Во втором случае, опираясь на М.В. Матюхину, В.Я. Ляудис, Н.Ф. Талызину такими терминами описывают достаточно сложную систему мотивов. Учебная мотивация, как и любой другой ее вид, системна. Она характеризуется направленностью, динамичностью и устойчивостью.

Так, в работах Л.И. Божович и ее коллег, было отмечено, что: «учебная мотивация побуждается иерархией мотивов, в которой доминирующими могут быть либо внутренние мотивы, связанные с содержанием этой деятельности и ее выполнением, либо широкие социальные мотивы, связанные с потребностью ребенка занять определенную позицию в системе общественных отношений, Соответственно при анализе мотивации учебной деятельности необходимо не только определить доминирующий побудитель, но и если учесть всю структуру мотивационной сферы человека» [7, с.112].

Рассмотрев эту сферу, применительно к учению, А.К. Маркова обращает внимание на иерархичность ее строения. Так, в нее входят: смысл учения, потребность в учении, мотив учения, эмоции, цель, отношение и интерес.

Исходя из полученных данных, в своей работе мы берем за основу определение И.А. Зимней, она считает, что учебная мотивация это: «частный вид мотивации, являющийся неотъемлемой частью учебного процесса и определяющийся целым набором своеобразных факторов: образовательная система, организация учебного процесса, особенности учащегося и педагога и специфика учебного предмета» [3, с. 47].

Итак, мы рассмотрели сущность понятия «учебная мотивация» с психолого-педагогической точки зрения.

Таким образом, по нашему мнению, учебная мотивация — это совокупность мотивирующих факторов, вызывающих активность учащегося и определяющих ее направленность в процессе обучения. Из анализа понятий становится ясно, что учебная мотивация важна в процессе обучения. Отсутствие учебной мотивации у ребенка тормозит и затрудняет учебный процесс.

Многие дети не видят ценности в изучении технических предметов и, следовательно, не видят смысла тратить свое время на подобные занятия. Отсутствие поддержки родителей и учителей также играет роль в отсутствии мотивации у детей. Если дети не получают внимания и поощрения за свои усилия в изучении технических предметов, то они склонны отказываться от этого направления.

Для решения данной проблемы необходимо активно привлекать родителей, учителей и школьные администрации к созданию стимулов для участия детей во внеурочной деятельности в технических направлениях. Это может включать в себя организацию соревнований, выставок проектов, мероприятий с профессионалами из технических областей и другие формы поддержки и поощрения. Также важно предоставлять доступ к современным техническим инструментам и оборудованию, чтобы дети могли лучше понимать применение своих знаний на практике.

Кроме того, важно проводить информационную работу среди детей о возможностях и перспективах в области науки, техники, инженерии и математики. Детям нужно показать, что изучение этих предметов может открыть им множество дверей в будущем и дать возможность реализовать свои творческие способности.

Таким образом, мотивация на внеурочной деятельности в технических направлениях для школьников может быть достигнута за счет интересных и практических занятий, участия в конкурсах и мероприятиях, а также показа перспектив и возможностей в будущей профессиональной деятельности.

1. Белянинов, С.Н. Формирование мотивации успеха и творческого самовыражения на уроках технологии и во внеурочной деятельности / С. Н. Белянинов, Е.А. Коноваленко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 32 (270). — С. 135–137. — URL: <https://moluch.ru/archive/270/61962/> (дата обращения: 24.11.2023).
2. Лисовская, А.И., Михелькевич, В.Н., Овчинникова, Л. П. Моделирование педагогической системы формирования готовности к творческой профессионально-ориентированной проектной деятельности у учащихся в центрах творчества / А.И. Лисовская, В.Н. Михелькевич, Л.П. Овчинникова // Международный научно-практический журнал «Мир Педагогики и психологии». — 2018. — № 9 (26). — С.34–42.
3. Магеррамова Э.Х. Использование традиционного и интерактивного методов в единстве // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2015. № 4. С. 18–23.
4. Пахомова Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательном учреждении: пособие для учителей и студентов педагогических вузов. М., 2003. 110 с.
5. Арестова, О.Н. Развитие представлений о роли мотивации в мыслительной деятельности в школе О.К. Тихомирова // Методология и история психологии. — 2009. — № 4. — С. 95–107.
6. Выготский, Л.С. Педагогическая психология / Л. Выготский; ред. В.В. Давыдов. — М.: АСТ; Астрель; Хранитель, 2010. — 671 с.
7. Долгова, В.И. Готовность к инновационной деятельности в образовании: монография / В.И. Долгова. — М.: КДУ, 2009. — 228 с.
8. Зимняя, И.А. Педагогическая психология: / И.А. Зимняя. — 3-е изд., пересмотр. — М.: МОДЭК, 2010—447 с.
9. Эльконин, Д.Б. Детская психология: учебное пособие для вузов / Д.Б. Эльконин. — 5-е изд., стер. — М.: Академия, 2008. — 384 с.

Меньшиков А.В., Бердникова Е.А., Демина Л.Н.

Направления совершенствования составов керамических масс для производства облицовочной керамики

*Сибирский федеральный университет
(Россия, Красноярск)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-492

Аннотация

В статье рассматриваются современные тенденции и проблемы в области производства керамической облицовочной плитки, а также анализируются основные факторы, влияющие на качество и свойства керамических материалов, используемых в строительной индустрии. Целью исследования является изучение составов керамических масс, обладающих

необходимыми для применения в строительстве свойствами, и способов повышения их эксплуатационных характеристик, экономической эффективности и экологической устойчивости. Авторами предлагаются вариации современных сырьевых составов, используемых для изготовления облицовочных материалов.

Ключевые слова: облицовочная керамика, керамическая плитка, керамическая масса, сырье.

Abstract

The article examines current trends and problems in the production of ceramic facing tiles, as well as analyzes the main factors affecting the quality and properties of ceramic materials used in the construction industry. The purpose of the study is to study the compositions of ceramic masses that have the properties necessary for use in construction, and ways to improve their performance, economic efficiency and environmental sustainability. The authors propose variations of modern raw materials used for the manufacture of cladding materials.

Keywords: facing ceramics, ceramic tiles, ceramic mass, raw materials.

Сегодня строительная отрасль продолжает развиваться и адаптироваться к новым условиям, актуальным требованиям и технологиям. Главной причиной разработки современных строительных материалов, в том числе и строительной облицовочной керамики является улучшение качества и эффективность строительных процессов, а также повышение безопасности и комфорта жилых и коммерческих зданий [1]. Это может включать в себя улучшение тепло- и звукоизоляции, снижение веса и устойчивость к различным неблагоприятным факторам (таким как пожары, сейсмическая активность и экстремальные погодные условия). Кроме того, разработка новых строительных облицовочных материалов также связана с улучшением экологической устойчивости и снижением потребления природных ресурсов.

Традиционными составляющими керамической массы для производства облицовочной керамики являются глины, каолины, песок, полевые шпаты и др. [2].

Глина является основным компонентом строительной керамики и используется для создания основной структуры. Она представляет собой смесь минералов, содержащих глину, кварц и фельдшпат.

Каолин — это особый вид глины, более чистый и белый, который используется для придания керамической плитке дополнительной яркости и светлости. Каолин может быть добавлен в сырьевую смесь для улучшения визуальных характеристик плитки [3].

Для понижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин, а также повышения показателя формовочных свойств керамической массы вводятся отошающие добавки, такие как шамот, зола, дегидратированная глина, песок и гранулированный шлак.

Парообразующие материалы могут применяться для получения легких керамических изделий с уменьшенной теплопроводностью и увеличенной пористостью [4].

Кроме того, в производстве керамической плитки могут использоваться различные минералы и добавки, в зависимости от конкретных требований качества и дизайна плитки. Например, пигменты могут добавляться для придания плитке определенного цвета, адсорбенты - для улучшения впитываемости плитки, антиглянцевые добавки - для создания матовой поверхности и т.д.

Одним из способов усовершенствования строительной облицовочной керамики является разработка новых составов и формул, которые позволяют достичь оптимальных свойств материала.

Потребность в поиске альтернативных подходов [5] к обеспечению сырьем возникает по нескольким причинам. Одной из них является ограниченность ресурсов, то есть истощение запасов качественных глин и каолинов. Немаловажным является экономическая составляющая, когда некоторые альтернативные источники сырья могут быть более экономически эффективными в производстве и использовании. В современном мире геополитическая

нестабильность играет особую роль. Некоторые страны являются основными производителями определенных видов сырья и контролируют его распределение на мировом рынке. Это может создавать зависимость и уязвимость для других стран, которые зависят от импорта таких ресурсов. Разнообразие подходов к обеспечению сырьем помогает уменьшить эту зависимость и разнообразить источники снабжения.

В качестве примера можно привести современные сырьевые составы, применяемые в производстве керамической облицовочной плитки.

Исследованы варианты изготовления керамической плитки для облицовки пола, в составе которой базовой составляющей является глиноземный катализатор производства серы (50-55 %), а в качестве дополнительного звена включены пиритные огарки (14-16 %), трепел (15-17 %) и известь (15-17 %). При таком соотношении приняты показатели прочности после формования – 12.1 МПа, водопоглощение составило 0,2%, обнаружена стойкость к истиранию до 0,04 % [6].

Актуальной является шихта, содержащая закарбонизованный суглинок – 94-97 % и сульфатное мыло – 3-6 %. Из такой массы получена лицевая керамика, где основным качественным показателем представляется высокое значение морозостойкости (75 циклов) при прочности 49-52 МПа [7].

Авторами получена керамическая фасадная плитка на основе диопсида [8] (содержание 85-90 %) с использованием натрий-силикатного стекла. Получены достаточно высокие результаты прочности (не менее 16 МПа), водопоглощения (не менее 2 %) и морозостойкости (70 циклов) [9].

Также в качестве примера можно привести стеновые керамические изделия с содержанием десятиводного сульфата натрия от 1 до 3 %, извести от 1 до 2 % при составляющей основе кремнезема. При испытании такой плитки получены высокие свойства водопоглощения - 13-16 % и прочности 21-50 МПа [10].

Наряду с новым взглядом на составы керамических масс немаловажным аспектом усовершенствования строительных материалов является использование новых технологий производства. Например, применение нанотехнологий для улучшения свойств керамических строительных материалов.

Кроме того, процесс усовершенствования строительных материалов также включает в себя поиск и внедрение новых методов испытаний и контроля качества, а также разработку новых стандартов и нормативов.

Таким образом, потребность в поиске альтернативных подходов к обеспечению сырьем является важной и актуальной задачей с точки зрения экономической стабильности, экологической устойчивости и геополитической безопасности.

1. Меньшикова В.К. Состояние и тенденции развития рынка строительной облицовочной керамики в регионе // Проблемы развития рынка товаров и услуг: перспективы и возможности субъектов РФ. материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Сибирский федеральный университет, Торгово-экономический институт. - 2019. – С. 495-498.
2. Паршикова В.К. и др. Товароведение и экспертиза силикатных товаров: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 080401.65 "Товароведение и экспертиза товаров (по областям применения)" всех форм обучения В. Н. Паршикова, Н. А. Осмоловская; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Красноярский гос. торгово-экономический ин-т". - [2-е изд.]. - 2009. - 20 с.
3. Августинник А.И. Керамика / А.И.Августинник. Ленинград. Стройиздат, 1975. 591 с.
4. Широкий Г. Т. Строительное материаловедение: учебное пособие / Г. Т. Широкий, П. И. Юхневский, М. Г. Бортницкая. - Минск: - 2016. - 102 с.
5. Меньшикова В.К., Демина Л.Н. Керамические строительные материалы с использованием нетрадиционного вида сырья // Строительные материалы и изделия. - 2020. - Т. 3. - № 3. - С. 40-46.
6. Пат. 2150443 Российская Федерация, МПК С04В35/10. Шихта для изготовления керамических изделий [Текст] / Чумаченко Н.Г., Рябова М.В., Сухов В.Ю.; заявитель и патентообладатель Самар. гос. архит.-строит. акад. - N 99104417/03; заявл. 05.03.1999; опубл.10.06.2000, Бюл. № 16. - 3 с.: ил.

7. Пат. 2317275 Российская Федерация, МПК С04В33/13. Сырьевая смесь для изготовления лицевой керамики [Текст] / Лохова Н.А., Сеничак Е.Б., Стибунова Н.С. [и др.]; заявитель и патентообладатель Гос. обр. уч. выс. проф. обр. "Брат. гос. ун-т". - N 99125453/03; заявл. 17.07.2006, опубл. 20.02.2008, Бюл. № 19. – 3 с.: ил.
8. Меньшикова В.К., Демина Л.Н. Модификация керамических составов сырьевыми материалами Сибирского региона // Вестник Евразийской науки. - 2020. – Т. 12. – № 4. – С. 12.
9. Пат.2504528 Российская Федерация. МПК С04В 33/16. Керамическая масса для изготовления облицовочной плитки [Текст] / Бурученко А.Е., Меньшикова В.К., Верещагин В.И.; заявитель и патентообладатель Фед. гос. автон. образ. учр. высш. проф. образ. Сибирский федеральный университет. – N 2012119760; заявл. 14.05.2012; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 2. – 5 с.: ил.
10. Пат. 2085541 Российская Федерация, МПК С04В35/14, С04В33/02. Шихта для изготовления керамических изделий [Текст] / Гладких Ю.П., Завражина В.И.; заявитель и патентообладатель Белгород. гос. технол. акад. строит. материал. - N 93021752/03; заявл. 26.04.1993, опубл. 27.07.1997, Бюл. № 7. – 3 с.: ил.

Муртузов М.М.^{1,2}, Абдуллаев А.Р.^{1,2}, Халилов С.Х.¹

Особенности перехода на BIM-моделирование в строительстве с использованием отечественных программных комплексов

¹Дагестанский государственный университет народного хозяйства,
²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Махачкалинский филиал,
 (Россия, Махачкала)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-493

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы внедрения технологии информационного моделирования в строительной отрасли страны. Началом внедрения цифровизации в России стал 2011 год. На сегодняшний день цифровизация в России стала основой развития не только российской экономики, но и строительной отрасли. BIM-моделирование зданий – это новый этап в развитии строительных технологий. BIM-технологии позволяют анализировать максимальное количество данных об объекте, визуализировать все детали объекта в 3D формате, сократить временные и финансовые затраты, и в конечном счете оптимизировать бизнес. Основные проблемы, возникающие при внедрении BIM-технологий отсутствие систематизированного отечественного программного обеспечения и IT-специалистов.

Ключевые слова: строительство, цифровизация, BIM-технологии, программное обеспечение, жизненный цикл, информационное моделирование.

Abstract

The article discusses the problems of the introduction of information modeling technology in the construction industry of the country. The beginning of the introduction of digitalization in Russia was 2011. To date, digitalization in Russia has become the basis for the development of not only the Russian economy but also the construction industry. BIM modeling of buildings is a new stage in the development of construction technologies. BIM technologies allow analyzing the maximum amount of data about the object, visualizing all the details of the object in 3D format, reducing time and financial costs, and ultimately optimizing the business. The main problems that arise when implementing BIM technologies are the lack of systematized domestic software and IT specialists.

Keywords: construction, digitalization, BIM technologies, software, life cycle, information modeling.

В строительную область прочно вошло понятие технология BIM-моделирование, однако навыки работы с информационными моделями и скорости внедрения BIM в России невелики. В работе [1] дан анализ технологии информационного моделирования (BIM) при архитектурном и градостроительном проектировании в стране. Отечественные, крупные частные строительные компании уже давно применяют BIM-технологии в своей работе в той или иной мере. Использование цифровой модели позволяет строить здания и сооружения дешевле, быстрее, безопаснее, минимизировать ошибки при строительстве и проследить весь жизненный цикл - проектирование, строительство, эксплуатация. В связи с постановлением Правительства РФ №331 от 05.03.2021 года технологии информационного моделирования применяются с 01.01.2022 года для объектов, строительство которых финансируется из

муниципального, регионального или федерального бюджета [2,3]. Для объектов госзаказа, работа с использованием технологий информационного моделирования 2024 году станет обязательным. В ноябре 2022 года председатель Правительства РФ Михаил Мишустин утвердил Стратегию развития строительной отрасли до 2030 года, главной целью Стратегии является цифровизация строительных процессов, хотя большинство российских компаний объективно не готовы к этому.

Переход на BIM-технологии сложный процесс, связанный с длительным обучением сотрудников, высокой стоимостью программного обеспечения и внедрения, техническим переоснащением компании, сложностью реализации BIM в реальных проектах, завышенные ожидания от технологии. Возможности BIM-технологии пока еще неэффективно используют участники рынка строительства, тем более что архитектор или строитель без труда освоит эту технологию [4]. Основные стадии внедрения BIM-технологии, независимо от разных вариантов и программ исполнения это:

- 1) Определение целей и задач;
- 2) Разработка нормативно-справочной и регламентирующей документации;
- 3) Внедрение и настройка информационной системы;
- 4) Обучение сотрудников;
- 5) Адаптация и интеграция;
- 6) Пилотный проект.

Санкции введенные западными странами и США, после начала СВО в Украине, привели к отзыву лицензий на зарубежное программное обеспечение, прекращению экспорта в Россию высокотехнологического оборудования, в том числе чипов, микросхем (крупнейшие компании производители микрочипов TSMC, Intel, Nvidia – отказались представлять свою продукция в Россию, тем не менее страна импортировала электронных компонентов на \$2,6 млрд. за 6 месяцев 2022 года через малоизвестных турецких и гонконгских компаний), более трети IT-специалистов уже покинули Россию. Тем не менее, хотя бы частично, зарубежное программное обеспечение еще используется в нашей стране крупными компаниями, бизнес-процессы которых построены на иностранных операционных системах (например, облачный сервис BIM 360). Ожидаемого перехода на отечественные программные продукты не происходит из-за невысокого качества отечественных программных обеспечений и непонимания, какой именно программный продукт, строительным компаниям нужен для осуществления своих целей.

По мнению аналитиков Forbes рейтинг топ-51 строительных компаний мира возглавляет компания VINCI (Франция, рыночная капитализация – 45,5 млрд. долларов), далее американская компания D.R.HORTON (рыночная капитализация – 33.76 млрд. долларов) и т.д. Большинство строительных компаний Топ 51- это компании США и Китая, что указывает на высокий уровень применения BIM этими странами в своей работе, российские компании в рейтинг топ-51 не входят.

В топ-10 отечественных компаний возглавляют ГК ПИК (Москва) и Setl Group (Санкт-Петербург) и уровень применения BIM-технологии этими компаниями достаточно высок [5].

Так, как крупнейшие поставщики программного обеспечения (ПО) в мире AUTODESK, AUTOCAD CIVIL 3D, NAVISWORKS, INFRAWORKS, OPENROADS, REVIT ограничили свою деятельность в России, отечественным компаниям (Нанософт, Csoft Development, Renga Software, Vitro-CAD, SOFiSTiK AG, ЛИРА софт, Стройэкспертиза, НЕОЛАНТ, АСКОН и т.д.) приходится самым разрабатывать аналоги взамен импортным ПО.

Отечественный софт для BIM-моделирования в строительстве приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Отечественный софт для BIM-моделирования.

№ n/n	Платформа	Компания производитель	Интеграция с ПО
1.	BIM-система Renga	Renga Software	Pilot-BIM (решение для организации среды общих данных) и 1С (управление проектами)
2.	NanoCAD BIM	«Нанософт»	CADlib (управление процессом проектирования, проверка проектных решений)
3.	Model Studio CS	CSoft Development	CADlib (управление процессом проектирования, проверка проектных решений)

4.	Полином - BIM-инструмент	«НЕОЛАНТ»	СУИД НЕОСИНТЕЗ (среда общих данных), InterBridge (проверка проектных решений)
5.	Кредо	«Кредо-Диалог»	Pilot-BIM (решение для организации среды общих данных) и 1С (управление проектами)

С февраля 2022 года в России появились новые разработки: «Стройка» – автоматизированная система управления проектами; Exon от Gaskar Group - система строительного контроля и автоматизированного формирования документации; интерфейс «ИНГИПРО 360» -разработан осенью 2022 года взамен Autodesk Docs (BIM 360 Document Management).

Отечественной компанией Айбим (г. Москва) разработана платформа (чисто русскоязычная программа) состоящая из модулей Larix.EST (EST. Manager, EST. Designer и EST. Analyzer), Larix.CDB, Larix.CPM для проведения торгов и отслеживания работы подрядчиков. Документация полученная в Larix.EST полностью импортируется в Excel, Plan R, 1С, Synchro, «ГРАНД-Смета». Заменителем зарубежного ПО Navisworks (модуля Quantification) является Larix.EST (стоимость лицензии на одного пользователя 120 000 руб., без стоимости внедрения), заменителем ПО для календарно-сетового планирования Primavera и MS Project – российский продукт Plan-R (стоимость 180 000 руб.).

Отечественная компания Технокауф (г. Москва) успешно внедряет BIM-технологии в России, разрабатывает мониторинговые, измерительные и др. системы взамен импортным системам.

Российский разработчик инженерного ПО компания «АСКОН» 4.08.2022 года выпустила BIM-стандарт и этот документ содержит стандарт, процессную модель BIM, шаблоны, инструкции.

На современной стадии развития общества внедрение BIM-технологий – это необходимый процесс, который позволяет повысить качество проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Ведущие в стране девелоперы гражданского и промышленного строительства уже переходят на BIM и требуют того же от подрядчиков. IT-архитектура созданная вокруг BIM-модели позволяет, автоматизировать весь жизненный цикл строительства, которая раньше отражалась на бумажном носителе.

Для крупных компаний внедрение BIM-технологий процесс доступный со стороны финансового обеспечения, а для малого и среднего бизнеса внедрение BIM-технологий очень дорого стоящий проект. Для разработки простых и типовых проектов можно использовать методы традиционного 2D-проектирования, а для сложных проектов, требующих детальной проработки, лучше будет использовать информационные технологии [6].

1. Полуэктов В. В. Технологии информационного моделирования (BIM) при архитектурном и градостроительном проектировании // Архитектурные исследования. 2016. № 1(5). С. 46–55.
2. ГрК РФ, статья 1. п.10.3, статья 57.5.: Информационная модель объекта капитального строительства (Федеральный закон от 27.06.2019 N 151-ФЗ);
3. Постановление Правительства РФ № 331 от 5 марта 2021 года «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».
4. Понятие BIM технологии в проектировании: что такое информационное моделирование зданий в строительстве [Электронный ресурс] // ООО «ЗВСОФТ». URL: <http://www.zvsoft.ru/stati/ponyatie-bim-tekhnologii> (дата обращения: 19.11.2019).
5. Оценка применения BIM-технологий в строительстве. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf.

6. Абалтусов, Ю. А. BIM-технологии. Проблемы их внедрения и перспективы развития в строительстве и проектировании/Ю. А. Абалтусов, В. В. Чатуров. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2019. - № 25 (263). - С. 151-153. - URL: <https://moluch.ru/archive/263/60897>.

Нечоса Н.Ю., Егорова И.П.

Расчет основных параметров для подбора насосного оборудования

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-494

Аннотация

В современных условиях технической эксплуатации насосных агрегатов подбор оборудования является важной составляющей проектирования объекта, так как от выбора насоса зависит вся система водоснабжения и режим ее функционирования. В статье рассматривается методика расчета основных параметров работы насосных агрегатов и способы их подбора. Приведены основные виды насосов и их конструкционная особенность. Для наглядности в статье используются технические расчеты на основании математических вычислений, а также характеристика работы насоса, представленная в виде зависимости производительности насоса от создаваемого напора в системе координат.

Ключевые слова: насос, производительность, напор, расчет, подбор, зависимость, оборудование, КПД, высота всасывания.

Abstract

In modern conditions of technical operation of pumping units, the selection of equipment is an important component of the design of the facility, since the entire water supply system and its mode of operation depend on the choice of pump. The article discusses the methodology for calculating the main parameters of pumping units and how to select them. The main types of pumps and their design feature are given. For clarity, the article uses technical calculations based on mathematical calculations, as well as the characteristics of the pump operation, presented in the form of a dependence of the pump performance on the created pressure in the coordinate system.

Keywords: pump, capacity, pressure, calculation, selection, dependence, equipment, efficiency, suction height.

Существует множество видов насосов и насосного оборудования, используемого в водоснабжении и водоотведении. Поэтому необходимым этапом любого инженерного расчета, связанного с перекачкой жидкости, является подбор насоса, независимо от масштаба производства.

Подбор насоса осуществляется по нескольким основным характеристикам [1]:

- конструктивные признаки;
- создаваемый напор;
- необходимая производительность;
- характер перекачиваемой среды;
- стоимость.

При подборе насоса учитывается среда, которая будет перекачиваться и ее некоторые характеристики, такие как температура, кислотность, загрязненность, размер твердых включений, вязкость.

В работе рассматриваются насосные агрегаты, используемые для водоснабжения. Как правило, такие насосы, используются для повышения давления воды от централизованного источника, а также в частных домохозяйствах, промышленных предприятиях и на других объектах, требующих забор воды из подземных источников, рек и водохранилищ. Поэтому перекачиваемая жидкость, как правило, имеет невысокую вязкость и кислотность, в ней отсутствуют крупные включения, а температура не превышает 25 градусов по Цельсию. [5].

Широкое применение для транспортировки воды нашли поверхностные лопастные насосы, а именно их подвид – центробежные (рис. 1) [2].

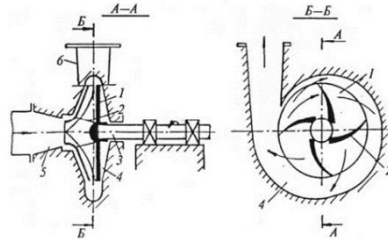


Рисунок. 1. Схема центробежного насоса: 1 – рабочее колесо; 2 – лопатки; 3 – вал; 4 – корпус; 5 – всасывающий патрубок; 6 – напорный патрубок.

Работа центробежного насоса характеризуется несколькими параметрами (рис. 2), среди которых выделяют:

- напор (H);
- подачу (Q);
- мощность (N);
- КПД (η);
- высоту всасывания ($H_{\text{вас}}$)

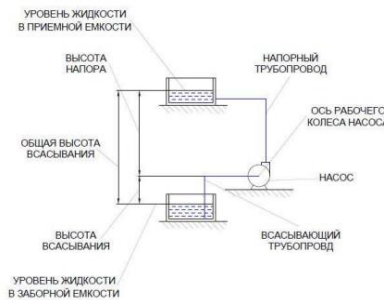


Рисунок. 2. Параметры, определяемые при расчете насосного оборудования.

Любой насос создает напор, который определяется по формуле (1):

$$H = \frac{(p_m + p_v)}{\rho \cdot g} + Z,$$

где H – напор, м; p_m – показания манометра, Па; p_v – показания вакуумметра, Па; ρ – плотность перекачиваемой среды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; Z – расстояние между манометром и вакууметром, м.

Мощность насоса бывает двух типов: первая – полезная мощность $N_{\text{п}}$ (2), а вторая – потребляемая насосом $N_{\text{н}}$ (3).

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H, (2)$$

где $N_{\text{п}}$ – полезная мощность, Вт; Q – расход, м³/с.

$$N_{\text{н}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}}}, (3)$$

где $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент полезного действия передачи; $\eta_{\text{н}}$ – коэффициент полезного действия насоса; $\eta_{\text{д}}$ – коэффициент полезного действия двигателя.

Высота всасывания определяется разрежением, создаваемым в теле корпуса, и находится по формуле (4):

$$H_{\text{вс}} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_{\text{н.п.}}}{\rho \cdot g} + 0,0083 \cdot (1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma \zeta) \cdot \frac{Q^2}{d^4} + h_{\text{к}} \right), (4)$$

где P_1 – давление над жидкостью в расходном резервуаре, Па; $P_{\text{н.п.}}$ – давление насыщенного пара перекачиваемой жидкости при ее температуре, Па; λ – коэффициент трения во всасывающем трубопроводе; l – длина всасывающего трубопровода, м; d – диаметр

всасывающего трубопровода, м; ζ - коэффициенты местных сопротивлений, имеющиеся на всасывающем трубопроводе; h_k - кавитационная поправка, м. [4].

Кавитационная поправка определяется по формуле (5):

$$h_k = 0,019 \cdot \frac{(Q \cdot n^2)^{2/3}}{H}, (5)$$

Чтобы избежать нестабильной работы насоса, гидравлических ударов, сильного шума, необходимо, чтобы рабочий набор был не больше первоначального напора, и при одном и том же напоре не создавалась разная подача. Стабильная работа насоса определяется нисходящей ветвью Q-H характеристик насоса, как, например, на графике для насоса КМ65-50-125 (рис. 3).

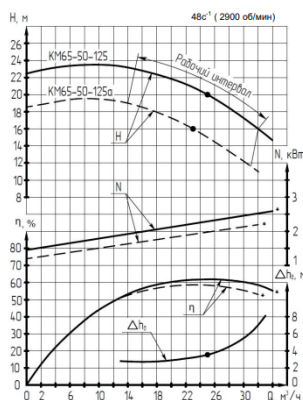


Рисунок 3. Характеристики насоса КМ65-50-125 при стабильной его работе.

На ряду с центробежными поверхностными часто встречаются насосы погружные. Основными параметрами, рассчитываемыми для этого типа агрегатов, являются аналогичные, что и при расчете центробежных, за исключением расчета диаметрального размера корпуса скважинного оборудования. Наружный размер корпуса рассчитывается исходя из ширины скважины с поправочным коэффициентом, обеспечивающим зазор.

Несмотря на большое разнообразие конструкций погружных насосов, которые могут быть вихревыми, центробежными, винтовыми и вибрационными (рис. 4), их расчет сводится к определению напора (6):

$$H = h + 10,2P + P_{\Pi}, (6)$$

где P – константа, определяемая по справочникам; P_{Π} – потери в трубопроводе (суммарные); h – высота всасывания, м.



Рисунок 4. Схема вибрационного насоса.

Подбор насоса происходит по большому числу параметров, среди них есть рассчитываемые по формулам, представленным выше, а также не требующим дополнительных расчетов, например, вязкость и качество воды, конструктивные особенности агрегата.

Рассмотрим наглядный пример.

Центробежный насос, имеющий КПД 0,75, перекачивает жидкость плотностью 1000 кг/м^3 из открытого резервуара в реактор с рабочим давлением 400 кПа с расходом $0,0022 \text{ м}^3/\text{с}$. В

расходном резервуаре действует атмосферное давление, так что перед насосом будет создаваться разрежение, и для его измерения используется вакуумметр, показание давления 40 кПа. Расстояние между манометром и вакуумметром составляет 0,15 м. Требуется определить полезную мощность насоса, потребляемую мощность насоса.

1. Рассчитаем напор, создаваемый насосом в трубопроводе:

$$H = \frac{(p_m + p_v)}{\rho \cdot g} + Z = \frac{(400 + 40) \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} + 0,15 = 45 \text{ м}$$

2. Полезная мощность насоса может быть найдена по формуле:

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0022 \cdot 45 = 0,971 \text{ кВт}$$

3. Потребляемая мощность насоса находится по формуле:

$$N_{\text{н}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{0,971}{0,57} = 1,7 \text{ кВт}$$

Исходя из полученных результатов производится подбор насосного агрегата. Подбор может осуществляться двумя способами:

- По графикам работы насоса;
- По специально созданным программам подбора.

В данной статье подбор осуществлялся при помощи программы подбора компании CNP.

Для подбора насоса используем значения производительности, напора и мощности насоса: $Q=0,0022 \text{ м}^3/\text{с} = 8 \text{ м}^3/\text{ч}$; $H=45 \text{ м}$; $N=1,7 \text{ кВт}$ (рис. 5).

Насос горизонтальный центробежный многоступенчатый: CHLF8-50

Производительность насоса: $Q=8 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Напор насоса: $H=45 \text{ м}$

Мощность: $N=2,2 \text{ кВт}$

Диаметр всасывающего патрубка: 1" 1/2 дюйм (DN40).

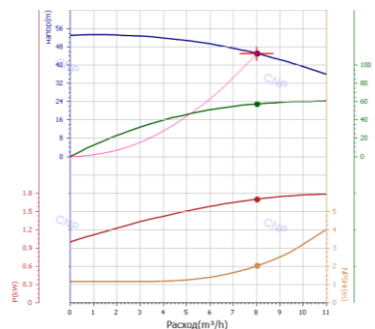


Рисунок 5. Характеристика насоса CHLF8-50.

Следующим этапом производится расчет по определению возникновения процесса кавитации. Кавитация в технике вызывает уменьшение подъемной силы подводных крыльев; ухудшение рабочих характеристик насосов, турбин, винтов и других механизмов, включая резкое падение их КПД; эрозию металлов, из которых выполнены рабочие органы перечисленных машин и механизмов [2]. При работе насоса во всасывающем трубопроводе происходит разрежение, т.е. зона пониженного давления. Если давление в этой зоне становится меньше, чем давление насыщенных паров перекачиваемой жидкости, то жидкость начинает закипать, тем самым образуя пузырьки воздуха, перемещающиеся в зону повышенного давления, начинают лопаться. [3]. Такие микровзрывы разрушают поверхность рабочего колеса, из за чего насос выходит из строя.

1. Определим кавитационную поправку по формуле:

$$h_{\text{к}} = 0,019 \cdot \frac{(Q \cdot n^2)^{\frac{2}{3}}}{H} = 0,019 \cdot \frac{(8 \cdot 48,33^2)^{\frac{2}{3}}}{45} = 0,3 \text{ м}$$

2. Рассчитаем высоту всасывания по формуле:

$$H_{\text{вс}} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{P_{\text{н.п.}}}{\rho \cdot g} + 0,0083 \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \cdot \frac{Q^2}{d^4} + h_{\text{к}} \right)$$

$$H_{\text{вс}} = \frac{10^5}{1000 \cdot 9,81} - \left(\frac{2,34 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} + 0,0083 \cdot \left(1 + 0,0256 \cdot \frac{0,5}{0,04} + 0,5 \right) \cdot \frac{0,0022^2}{0,04^4} + 0,3 \right)$$

$$= 9,63 \text{ м}$$

Исходя, из проведенных расчетов получаем, что максимальная высота всасывания составляет 9,63 м. Это означает, что насос может всасывать жидкость на высоту до 9,63 м без возникновения процесса кавитации. На основании этого можно сделать вывод, что насос был подобран верно. Таким образом, математический расчет описанный в данной статье, может быть использован для подбора насосного оборудования.

3. Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 2014. 296 с.
4. Насосы и насосные станции: учеб. пособие / Ю.В. Аникин, Н.С. Царев, Л.И. Ушакова; [науч. ред. В.И.Аксенов]; М-во образования и науки Рос. Федерации; Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 138 с.
5. Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебное пособие. - М.: Издательство АСВ, 2013. - 432 с.
6. Работа центробежного насоса в трубопроводной сети // Ивановский государственный химико-технологический университет URL: <https://www.isuct.ru/dept/chemkiber/piaht/edu/index.php?page=intro.inc> (дата обращения: 14.05.2023).
7. Подбор и расчет насосов, используемых в водоснабжении // КиберЛенинка URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-i-raschet-nasosov-ispolzuyemyh-v-vodosnabzhenii/viewer> (дата обращения: 14.05.2023).

Павлов И.П.

Обеспечение надежности и устойчивости систем теплоснабжения

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-495

Аннотация

В статье рассматривается тема обеспечения надежности и устойчивости систем теплоснабжения, описываются различные методы, включая реконструкцию и модернизацию оборудования таких систем. Также в статье рассмотрены виды тепловых сетей и их методы оптимизации.

Ключевые слова: надёжность, тепловые сети, теплоснабжение, источник, тепло, тупиковая схема, кольцевая схема, ремонтация.

Abstract

The article discusses the topic of ensuring the reliability and stability of heat supply systems, describes various methods, including repair and modernization of equipment of such systems. The article also discusses the types of thermal networks and their optimization methods.

Keywords: reliability, thermal networks, heat supply, source, heat, dead-end circuit, ring circuit, remonstration.

Системы теплоснабжения незаменимый источник комфорта и жизнедеятельности, так как они обеспечивают отопления зданий городов, населенных пунктов и промышленных процессов тепловой энергией. Поэтому важно следить за состоянием оборудования, чтобы предотвратить различные аварии и утечки систем.

В данной статье рассматриваются различные методики реконструкции систем теплоснабжения с целью улучшения его эффективности.

Первым делом нужно провести тщательный анализ текущего состояния системы теплоснабжения: оценка состояния трубопроводов, тепловых сетей, насосных станций и

другого оборудования, и также анализ прошедших аварий для комплексной оценки проблемной зоны.

Далее на основе анализа составляется план реконструкции, который включает в себя выбор методов и материалов для его осуществления. Важно учесть новейшие оборудования и системы для повышения эффективности эксплуатации системы теплоснабжения.

Следующим этапом проводится сама реконструкция, заключающаяся в замене оборудования или методе модернизации. Чаще всего проблемы в области энергоснабжения решаются в процессе реконструкции действующих тепловых сетей. На этом этапе осуществляется замена тепловой изоляции при перекладке магистральных и разводящих теплопроводов, а также ввод в эксплуатацию современных типов котельных и других тепловых агрегатов. Такие мероприятия формируют перечень проектов, которые могут быть реализованы при подключении новых потребителей, повышении качества и надежности системы теплоснабжения, а также улучшении технико-экономических показателей теплоснабжения. Но тем не менее, реконструкция, направленная на повышение надежности системы теплоснабжения (включая вероятность безотказной работы и готовность системы), а также показателей, косвенно характеризующих надежность (например, сокращение объемов недоотпуска тепловой энергии из-за аварий и уменьшение перерывов в подаче теплоносителя), пока не имеет надежной научной базы и распространяется на ограниченный круг объектов.

Если проанализировать существующие системы теплоснабжения, можно заметить, что в большинстве случаев наибольшие проблемы возникают у централизованных систем с тупиковыми тепловыми сетями, так как такие системы не соответствуют нормам надежности и требуют улучшения. Они обслуживают большинство потребителей, в основном от малых и неэффективных котельных.

Давайте рассмотрим, как различные варианты схем подключения потребителей к тепловым сетям влияют на качество теплоснабжения.

Разнообразие децентрализованных систем теплоснабжения обычно зависит от выбора источника тепла. Системы автономного теплоснабжения могут иметь один тепловой контур при использовании крышных, модульных или пристроенных котельных, или несколько тепловых контуров при поквартирном теплоснабжении. В случае отсутствия тепловых сетей надежность таких систем определяется надежностью работы источника тепла и, как правило, выше, чем у централизованных систем.

Централизованные системы теплоснабжения разнообразны и зависят от типа источника тепла и схемы тепловых сетей. Выбор схемы тепловой сети оказывает существенное влияние на работу системы теплоснабжения.

Тепловые сети подразделяются на магистральные, распределительные, но в настоящее время иерархичность тепловых сетей нарушена, и некоторые потребители присоединяются к магистральным сетям, что приводит к появлению параллельных ответвлений от сетей с разными потребителями и неэффективной работе системы.

- Магистральные сети соединяют источники тепла с крупными тепловыми пунктами и распределяют теплоноситель в квартальные и распределительные сети, обеспечивая им гидравлические и температурные режимы. Раздельный подход к тепловым контурам при использовании теплоисточников через подогреватели делает систему более надежной и гибкой.
- Распределительные тепловые сети (в этих сетях, теплоноситель уже от магистральной сети поступает к потребителю, по пути проходя ЦТП и МТП).

Тепловые сети могут быть разделены на два основных типа схем построения: кольцевые и тупиковые. Обе схемы имеют свои особенности и влияют на надежность и эффективность системы теплоснабжения.

1. Кольцевая схема тепловых сетей предполагает создание замкнутого контура, в который можно включить несколько источников тепла. Эта схема повышает надежность системы теплоснабжения, так как позволяет равномерно распределять нагрузку между источниками тепла, экономить топливо,

обеспечивать резервирование и сокращать суммарную мощность. Кольцевые сети также обеспечивают непрерывное теплоснабжение в случае отказа отдельных элементов системы. (рис 1)

2. Тупиковая схема, напротив, строится от одного источника тепла (крупного теплового пункта или местной котельной) и имеет тупиковые ответвления, заканчивающиеся на объектах-потребителях тепла, не имея возможности циркулировать в обратном направлении. В случае отключения или тупиковые ответвления могут остаться без тепла, что делает их менее надёжными, но такая схема более проста в управлении и обслуживании, что уменьшает риски ошибок в эксплуатации. (рис 1)

Обе схемы имеют свои преимущества и недостатки. Кольцевые сети обычно более сложны в управлении и требуют более внушительных инженерных решений. Тупиковые сети, с другой стороны, легче поддерживать гидравлические режимы и обычно более устойчивы к нагрузке и эксплуатации.

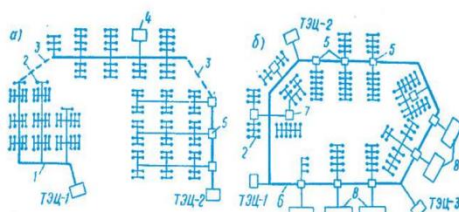


Рисунок 1 – схемы тепловых сетей: тупиковая (а) и кольцевая (б)
1-тупиковый магистральный теплопровод; 2-потребители; 3-перемычки; 4-местные котельные; 5-секционирующие камеры; 6-кольцевая магистраль; 7-ЦТП; 8-промышленные предприятия.

Рисунок 1.

Исследование надежности и реконструкция кольцевых и тупиковых систем теплоснабжения становятся важными задачами. На данный момент не существует единой методики выбора оптимальных вариантов реконструкции для повышения надежности и долговечности таких систем, но существуют общие методики повышения устойчивости таких сетей. Рассмотрим некоторые из них:

- Внедрение резервирования, что означает создание дублирующих линий и оборудования, которые могут быть активированы в случае аварии;
- Установка различных систем контроля и диагностики, что позволит быстро определить зону и проблему неисправности сети;
- Внедрение технологии автоматизации для улучшения управляемости тепловой сети.

Обеспечение надежности и устойчивости систем теплоснабжения требует значительных инвестиций и усилий, направленных на увеличение эффективности и уменьшения расходов на ремонт и эксплуатацию. Такие меры также могут быть направлены как на кольцевые, так и на тупиковые тепловые сети, но важно понимать, что тепловые сети уникальны и требуют индивидуального подхода по улучшению своей устойчивости.

1. Гуляев, В. Теплотехника / В. Гуляев. - М.: Профессия, 2009. - 352 с.
2. Зайченко, В.М. Автономные системы энергоснабжения / В.М. Зайченко, А.А. Чернявский. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 288 с.
3. Ладухин, Н.М. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Н.М. Ладухин. - СПб.: Лань П, 2016. - 160 с.
4. Магадеев, В.Ш. Источники и системы теплоснабжения / В.Ш. Магадеев. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. - 272 с.

Панченко А.Н.

Защита мобильных устройств

*Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-496

Аннотация

В эпоху широкого использования мобильных устройств обеспечение их безопасности имеет первостепенное значение. В этой статье рассматриваются ключевые методы защиты мобильных устройств и конфиденциальных данных, которые они хранят. От установки надежных паролей и регулярных обновлений до использования безопасных сетевых подключений и возможности удаленного отслеживания. Дополнительные меры, такие как проверка источника приложения, двухфакторная аутентификация и регулярный аудит подключенных устройств, добавляют уровни защиты. Применяя эти методы, пользователи могут уверенно ориентироваться в цифровом пространстве, сводя к минимуму риски, связанные с мобильными устройствами.

Ключевые слова: мобильные устройства, безопасность, пароль, фишинговые атаки, сетевые подключения, информация.

Abstract

In an era of widespread use of mobile devices, ensuring their security is of paramount importance. This article discusses key methods for protecting mobile devices and the sensitive data they store. From setting strong passwords and regular updates to using secure network connections and remote tracking capabilities. Additional measures such as application source verification, two-factor authentication, and regular auditing of connected devices add layers of protection. By applying these methods, users can confidently navigate the digital space, minimizing the risks associated with mobile devices.

Keywords: mobile devices, security, password, phishing attacks, network connections, information.

В эпоху смартфонов и постоянного подключения мобильные устройства стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. С каждым годом количество людей, пользующихся мобильными устройствами возрастает (рис.1).

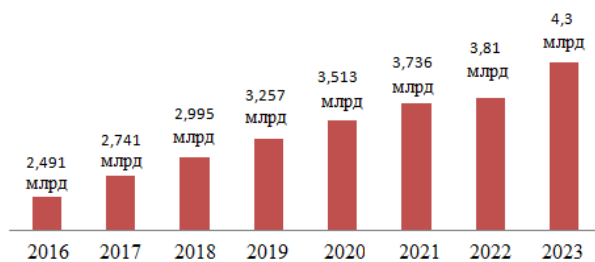


Рисунок 1. Общее число пользователей смартфонами в мире.

Большинство угроз, с которыми мы сталкиваемся при использовании мобильных устройств, относятся к одной из четырех категорий:

Угрозы мобильных приложений. Это угрозы, которые возникают в приложениях, которые пользователи загружают и используют. Примеры включают вредоносное и шпионское ПО, которое крадет личные и конфиденциальные данные.

Угрозы безопасности мобильных устройств. Это физические угрозы самим мобильным устройствам. Это могут быть атаки прямого доступа со стороны хакеров или просто пользователь, потерявший свое устройство, и злоумышленник забрал его.

Угрозы для мобильных сетей. Мобильные устройства оснащены всевозможными радиомодулями. Часто такие функции, как подключение к Wi-Fi и Bluetooth, предоставляют достаточно большую поверхность для атак злоумышленников.

Интернет-угрозы. Эти угрозы часто остаются незамеченными в результате использования незащищенных веб-сайтов, взаимодействия с фишинговыми сайтами или простого перехода по поддельной ссылке.

Наши смартфоны хранят большой объем информации - от личных разговоров до конфиденциальных деловых операций. К сожалению, это удобство также делает их главной мишенью для киберпреступников. Для защиты ваших устройств и данных первостепенное значение имеет понимание и внедрение эффективных методов обеспечения безопасности мобильных устройств [1-2].

1. Блокировка устройства с помощью надежных паролей:

Первая линия защиты зачастую самая простая. Установка надежного пароля или использование биометрической аутентификации (отпечаток пальца, распознавание лица) добавляет уровень защиты вашего устройства. Избегайте легко угадываемых кодов и обеспечьте надежное хранение ваших биометрических данных.

2. Регулярные обновления программного обеспечения:

Обновления операционной системы и приложений — это не просто добавление новых функций; они часто содержат критические исправления безопасности. Регулярное обновление вашего устройства гарантирует защиту от известных уязвимостей.

3. Защита сетевых подключений:

Избегайте подключения к незащищенным сетям Wi-Fi, особенно в общественных местах. В общедоступных сетях сложно отследить, зашифровано соединение или нет. В основном общедоступные сети Wi-Fi используют либо ненадежную защиту, либо вообще не используют шифрование. Это подвергает мобильных пользователей риску. Злоумышленнику достаточно подделать сертификат безопасности, создать фиктивную сеть и дожидаться, пока жертва выполнит атаку в стиле «человек посередине». Если вам необходимо использовать общедоступный Wi-Fi, рассмотрите возможность использования виртуальной частной сети (VPN) для шифрования ваших данных и защиты от потенциального прослушивания.

4. Установка приложений:

Просматривайте разрешения приложений и управляйте ими. Некоторые приложения запрашивают доступ к большему количеству данных, чем им нужно. Будьте осторожны и предоставляйте разрешения только тем приложениям, которые действительно нуждаются в них для своей функциональности. Распространение угроз для мобильных устройств резко возросло благодаря повсеместной доступности, разработке и использованию магазинов приложений. Дело в том, что основные платформы поставщиков приложений, такие как Apple App Store и Google Play Store, не проверяют каждую часть программного обеспечения. Вредоносные угрозы проникают через незащищенные приложения и имеют множество разновидностей: бэкдор-угрозы, использующие троянское программное обеспечение; мобильные майнеры, которые незаметно используют вычислительную мощность вашего телефона для добычи криптовалют; поддельные приложения, имитирующие популярное ПО. Поэтому рассмотрите возможность установки надежных антивирусов и приложений безопасности. Эти приложения могут обеспечить защиту в режиме реального времени от вредоносного ПО, фишинговых атак и других угроз [3].

5. Включить удаленное отслеживание и удаление данных:

Потерянные и украденные устройства представляют собой один из наиболее серьезных рисков для обеспечения безопасности данных. Но благодаря изменениям в поведении, ориентированным на безопасность, пользователи могут легко снизить эти риски. Сюда входит использование двухфакторной аутентификации, отказ от автоматического входа в систему, использование блокировки паролей и реализация возможностей удаленного стирания. В случае потери или кражи вашего устройства возможность отслеживать его местоположение или удаленно стирать данные может предотвратить несанкционированный доступ к конфиденциальной информации. И Android, и iOS предлагают встроенные инструменты для таких сценариев.

6. Остерегайтесь фишинговых атак:

Мобильные устройства не застрахованы от фишинга. Скептически относитесь к нежелательным сообщениям, электронным письмам или ссылкам, особенно если они кажутся подозрительными. Избегайте перехода по ссылкам из неизвестных источников [4].

7. Шифрование конфиденциальных данных:

Используйте функции шифрования устройства для защиты конфиденциальных данных, хранящихся на вашем устройстве. Это гарантирует, что даже если кто-то получит физический доступ к вашему устройству, он не сможет получить доступ к вашим данным без ключа шифрования.

8. Резервное копирование данных:

Регулярно создавайте резервную копию вашего устройства, чтобы в случае нарушения безопасности или потери устройства вы могли быстро восстановить важные данные. Используйте безопасные облачные сервисы или внешнее хранилище для резервных копий.

9. Защита биометрических данных:

Если ваше устройство поддерживает биометрическую аутентификацию, обратите внимание на то, как хранятся и обрабатываются ваши биометрические данные. Выбирайте устройства, в которых приоритет отдается безопасному хранению и обработке данных отпечатков пальцев или распознавания лиц.

10. Избегайте взлома или рутинирования:

Хотя может возникнуть соблазн разблокировать дополнительные функции с помощью джейлбрейка (iOS) или рутинирования (Android), это подвергает ваше устройство потенциальным угрозам безопасности. Придерживайтесь официальной операционной системы для обеспечения безопасности.

Не стоит забывать, что мобильная безопасность — это общая ответственность между пользователями и производителями устройств. Приняв эти методы, вы можете значительно снизить риск стать жертвой киберугроз, связанных с мобильными устройствами. Помните, что потраченное время на обеспечение безопасности вашего мобильного устройства сегодня, может избавить вас от проблем в будущем.

1. Черных, А. В. Концепции защиты мобильных устройств в современной корпоративной среде / А. В. Черных // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XV Международного молодежного форума, Белгород, 23–24 октября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 409-412.
2. Перевертун, Д. Р. Защита мобильных устройств: секреты безопасности смартфонов и планшетов / Д. Р. Перевертун // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2023. – Т. 8, № 10(36). – С. 67-70.
3. Тимошенко, М. Д. Программное обеспечение для информационной защиты мобильных устройств / М. Д. Тимошенко, Е. А. Ефин // Студенческая наука - взгляд в будущее : Материалы XVIII Всероссийской студенческой научной конференции, Красноярск, 15–17 марта 2023 года. Том Часть 5. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 288-290.
4. Какорин, И. А. Особенности фишинговых писем / И. А. Какорин // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 96-9. – С. 52-55. – DOI 10.18411/trnio-04-2023-462.

Панченко А.Н.

Использование биометрических данных: поиск баланса между удобством и конфиденциальностью

*Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-497

Аннотация

В статье рассматривается внедрение биометрической аутентификации в современных системах безопасности. Показано, какие параметры относятся к биометрическим данным, их удобство и применимость. Для успешного и безопасного внедрения биометрии необходимо соблюдать ряд мер, таких как использование этических данных, обучение пользователей, соблюдение нормативных требований и постоянные инновации, чтобы гарантировать, что

интеграция биометрии сочетается как с удобством для пользователя, так и с надежной защитой конфиденциальности.

Ключевые слова: биометрические параметры, безопасность, аутентификация, шифрование, конфиденциальность.

Abstract

The article discusses the implementation of biometric authentication in modern security systems. It shows which parameters relate to biometric data, their convenience and applicability. For the successful and secure implementation of biometrics, a number of measures must be followed, such as the use of ethical data, user education, regulatory compliance and continuous innovation, to ensure that the integration of biometrics is combined with both user-friendliness and reliable privacy protection.

Keywords: biometric parameters, security, authentication, encryption, privacy.

Биометрическая аутентификация стала неотъемлемой частью современных систем безопасности, предлагая уникальный и персонализированный подход к проверке личности. Биометрия относится к измерению и статистическому анализу уникальных физических и поведенческих характеристик людей. Принимая такие меры безопасности, возникает вопрос: как мы можем найти правильный баланс между удобством биометрии и защитой личной жизни?

Биометрические методы аутентификации бывают статическими и динамическими (рис.1).



Рисунок 1. Биометрические параметры.

Перечислим наиболее часто используемые биометрические характеристики и атрибуты, а также соответствующие им технические системы.

Отпечатки пальцев: используются уникальные узоры гребней и впадин на кончиках пальцев человека. Часто используется в смартфонах, системах контроля доступа и криминалистических приложениях. Устройства для считывания отпечатков имеют компактные размеры и самую низкую стоимость по сравнению с остальными техническими устройствами. В настоящее время такие приборы пропагандируются правоохранительными органами разных стран в связи с тем, что им выгодно собирать базу отпечатков пальцев с целью повышения раскрываемости преступлений;

Геометрия руки: измеряются и анализируются физические характеристики руки, включая длину и ширину пальцев. Обычно используется для контроля доступа на охраняемых объектах. Устройства распознавания руки используются на таких технологических объектах, на которых из-за повышенного загрязнения рук работников, или из-за применения на производстве химических реактивов затруднительно использовать сканеры отпечатков пальцев;

Радужная оболочка (или сетчатка) глаза: фокусируется на уникальных рисунках кровеносных сосудов в задней части глаза (сетчатке) для идентификации. Несмотря на высокую точность, он встречается реже из-за интрузивного характера технологии. Сканирующие устройства, распознающие радужную оболочку (или сетчатку) глаза, обладают наивысшей точностью. Вероятность ошибки системы безопасности (пропуска не того человека) – около 0,1%;

Голос: анализирует уникальные вокальные характеристики, такие как высота тона, тон и ритм, для аутентификации. Проверка голоса может служить средством аутентификации в любых мобильных устройствах. Помимо мобильных устройств, данный метод применим и для доступа в информационные системы и со стационарных ПК. Устройства, необходимые для этого (звуковая карта и микрофон) стоят достаточно недорого. Вероятность ошибки составляет 2-5%. Недостатком данного метода является временное или постоянное изменение голоса вследствие различных факторов – болезни человека или его эмоционального потрясения в результате стрессовой ситуации;

Ввод с клавиатуры: при вводе ключевой фразы с клавиатуры отслеживается как корректность введенной фразы, так и частотные характеристики, описывающие интервалы нажатия между парами клавиш, свойственных тому или иному человеку (его клавиатурный почерк). Используется в системах компьютерной безопасности для проверки личности пользователей на основе их поведения при наборе текста.

Подпись: исследуют уникальные особенности и динамику подписи человека. Используется для аутентификации финансовых транзакций и юридических документов. Для контроля рукописной подписи используются дигитайзеры.

Распознавание походки: анализирует стиль ходьбы человека, включая длину и скорость шага, для идентификации. Применяется в системах видеонаблюдения и безопасности.

ДНК-биометрия: для идентификации используется уникальный генетический код человека. В основном используется в судебно-медицинской экспертизе из-за сложности и инвазивности отбора проб ДНК [1-3].

Уникальность биометрических данных делает их мощным инструментом проверки личности, снижающим зависимость от традиционных паролей.

Одним из основных преимуществ биометрии является ее удобство для пользователя. В отличие от паролей, которые можно забыть или украсть, ваш отпечаток пальца или лицо всегда с вами. Это устраняет необходимость запоминать сложные пароли и упрощает процесс аутентификации. Полная интеграция биометрии в повседневную жизнь повышает удобство работы пользователей и экономит время.

Хотя биометрия обеспечивает удобство, возникают опасения по поводу конфиденциальности и безопасности данных. В отличие от паролей, биометрические данные, будучи скомпрометированы, не могут быть изменены. Хранение и обработка конфиденциальной биометрической информации вызывают вопросы о потенциальном неправомерном использовании или несанкционированном доступе к этим личным данным. Страх перед слежкой и возможность попадания биометрических данных в чужие руки могут подорвать доверие пользователей к этим системам. Поэтому необходимо найти баланс между удобством и конфиденциальностью. Для выполнения этого необходимо:

- 1) Безопасное хранение и шифрование: биометрические данные должны храниться надежно с использованием надежных методов шифрования. Это гарантирует, что даже если к данным будет осуществлен доступ, они останутся нечитаемыми и непригодными для использования без соответствующих ключей дешифрования [4];
- 2) Согласие пользователя и прозрачность: крайне важно установить четкую политику сбора и использования данных, а также получить явное согласие пользователей. Прозрачность укрепляет доверие, и пользователи должны знать, как их биометрические данные используются и защищаются;
- 3) Децентрализованные системы: возможность внедрения децентрализованных биометрических систем, которые хранят и обрабатывают данные локально, снижая риск централизованного взлома. Такой подход дает пользователям больше контроля над своей биометрической информацией;
- 4) Регулярные проверки безопасности: регулярные проверки безопасности для выявления и устранения уязвимостей в системе биометрической

аутентификации. Такой упреждающий подход помогает опережать потенциальные угрозы и обеспечивать постоянную защиту данных.

Таким образом, биометрия в сфере безопасности предлагает убедительное сочетание удобства и повышенной защиты. Крайне важно найти тонкую грань между удобством использования и конфиденциальностью. Внедряя надежные меры безопасности, повышая прозрачность и уважая согласие пользователей, биометрия будет не только удобной, но и защитит конфиденциальность людей.

1. Jain A.K., Deb D., and Engelsma J.J. Biometrics: Trust, but Verify / IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science. – 2021. – DOI: 10.1109/TBIOM.2021.3115465.
2. Карцан, И. Н. Биометрические данные: новые возможности и риски / И. Н. Карцан // Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – Т. 3, № 3. – С. 201-211. – DOI 10.47813/2782-2818-2023-3-3-0201-0211.
3. Кузнецов, А. А. Биометрические данные человека как способ защиты информации / А. А. Кузнецов, Я. П. Алейников // Современные научные исследования и инновации. – 2023. – № 9(149).
4. Дегтярев, Д. И. Безопасная компиляция и архитектуры защищенных модулей / Д. И. Дегтярев, О. А. Какорина // Безопасность информационных систем и технологий в условиях цифровой экономики : Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Волгоград, 27–28 октября 2021 года / Редколлегия: О.А. Какорина, Ю.С. Бахрачева, Т.А. Попова. – Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2021. – С. 23-26.

Панченко А.Н.

Особенности аутентификации с помощью паролей

*Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-498

Аннотация

В этой статье описаны рекомендации по обеспечению безопасности паролей. Рассматриваются основные стратегии: от создания надежных, уникальных паролей и регулярных обновлений до внедрения двухфакторной аутентификации и использования менеджеров паролей. Это позволяет обеспечить безопасность устройств и внедрить превентивную культуру безопасности. Как для отдельных лиц, так и для организаций, реализация этих мер имеет решающее значение для эффективной борьбы с постоянно растущим массивом киберугроз.

Ключевые слова: парольная защита, безопасность, аутентификация, фишинг, информация, идентификатор.

Abstract

This article describes recommendations for password security. The main strategies are considered: from creating strong, unique passwords and regular updates to the introduction of two-factor authentication and the use of password managers. This allows you to ensure the safety of your devices and implement a proactive safety culture. For both individuals and organizations, the implementation of these measures is crucial to effectively combat the ever-growing array of cyber threats.

Keywords: password protection, security, authentication, phishing, information, ID.

Самыми распространенными и часто используемыми являются методы аутентификации, основанные на паролях – тайных идентификаторах субъектов. Субъект, вводя свой пароль, отправляет его на модуль безопасности, который, в свою очередь, сравнивает с тем паролем, который содержится внутри своей базы. В целях обеспечения повышенного уровня безопасности в базе хранится не сам пароль, а результат вычисления хэш-функции (хэш), в которой аргументом является пароль. И на модуль поступает не сам пароль, а хэш от пароля,

который создается на клиентской части для того, чтобы он в явном виде не передавался по сетевым каналам обмена информацией.

Если хэши совпадают, модуль безопасности или предоставляет пользователю доступ к информационной системе, в соответствии с применяемой моделью разграничения доступа, или же фиксирует факт попытки несанкционированного доступа к системе.

Парольные методы необходимо более детально разделить по сроку функционирования используемых паролей: постоянно используемые пароли, которые изменяет сам субъект и динамичные пароли, при аутентификации требуется получить и ввести новый пароль.

Очень часто применяют методы с постоянными или многообразными паролями, в данном случае пароль остается постоянным или его меняют когда заканчивается срок действия пароля, либо если сам субъект проявит желание сменить свой пароль. У этого метода есть как преимущества, так и недостатки. Из преимуществ – облегчается администрирование системы, так как нет нужды в реализации архитектуры для применения динамических паролей. Из недостатков – увеличивается шанс компрометации секрета или путем подсматривания во время набора пользователем своего пароля, или способом перехвата сеанса связи и раскрытия этого пароля (либо его хэша). Также если пароль достаточно прост, создан без применения специальных символов, написан в одном регистре или имеет какую-либо смысловую нагрузку, то такой пароль может быть получен методом перебора.

Важность надежной защиты паролей невозможно переоценить [1-3]. Поскольку киберугрозы продолжают развиваться, внедрение эффективных методов использования паролей становится критически важным, поэтому необходимо соблюдать следующие рекомендации:

1. Надежность и уникальность пароля: в основе безопасности паролей лежит создание надежных и уникальных паролей для каждой учетной записи в Интернете. Избегайте общих слов, фраз и легко угадываемой информации, например дней рождения. Выбирайте комбинацию прописных и строчных букв, цифр и специальных символов для повышения сложности.
2. Длина пароля: длина является ключевым фактором надежности пароля. Старайтесь использовать пароли длиной не менее 12 символов, поскольку более длинные пароли, как правило, более устойчивы к атакам методом перебора. Рассмотрите возможность использования парольных фраз – последовательности слов или предложений – которые легче запомнить и которые обеспечивают высокую степень безопасности.
3. Повторное использование пароля: одной из наиболее распространенных ошибок является повторное использование паролей для нескольких учетных записей. Если одна учетная запись скомпрометирована, это подвергает риску все остальные. Поддерживайте дисциплину в использовании уникальных паролей для разных платформ, чтобы предотвратить массовые нарушения безопасности.
4. Обновление паролей: хотя соблазнительно придерживаться знакомого пароля, необходимы регулярные обновления. Периодически меняйте пароли, желательно каждые три-шесть месяцев. Эта практика добавляет дополнительный уровень безопасности, сводя к минимуму риск длительного воздействия в случае инцидента безопасности.
5. Использование двухфакторной аутентификации: требуется вторичная форма проверки, например код, отправленный на ваше мобильное устройство или сгенерированный приложением-аутентификатором, что добавляет дополнительный уровень защиты, даже если ваш пароль скомпрометирован.
6. Менеджеры паролей: рассмотрите возможность использования надежного менеджера паролей для создания, хранения и управления сложными паролями. Менеджеры паролей облегчают запоминание нескольких паролей и снижают вероятность использования слабых или повторных учетных данных.
7. Попытки фишинга: будьте бдительны в отношении попыток фишинга, целью которых является вынудить вас раскрыть ваши учетные данные для входа. Не нажимайте на подозрительные ссылки и не предоставляйте личную

- информацию в ответ на нежелательные сообщения. Прежде чем вводить данные для входа, проверьте целостность веб-сайтов [4].
8. Защита устройств: убедитесь, что устройства, которые вы используете для доступа к онлайн-аккаунтам, безопасны. Используйте надежные пароли устройств или биометрическую аутентификацию, чтобы предотвратить физический несанкционированный доступ. Регулярно обновляйте свою операционную систему и программное обеспечение безопасности для устранения уязвимостей.
 9. Обучение и обучение пользователей: физические лица играют решающую роль в безопасности паролей. Организациям следует уделять первоочередное внимание обучению и обучению пользователей передовым методам, распознаванию попыток фишинга и важности использования надежных и уникальных паролей.
 10. Регулярные проверки безопасности: проводите регулярные проверки безопасности, чтобы оценить эффективность политик паролей и выявить потенциальные уязвимости. Организациям следует регулярно пересматривать и обновлять свои протоколы безопасности, чтобы адаптироваться к развивающимся угрозам.

Поскольку ИТ-технологии и цифровое пространство продолжают развиваться, важность безопасности паролей невозможно переоценить. Рекомендации, изложенные выше, служат дорожной картой для укрепления вашей защиты от постоянно растущего множества киберугроз. В этом взаимосвязанном мире, где личная и профессиональная жизнь переплетаются в Интернете, ответственность как за отдельные лица, так и за организации лежит на том, чтобы сохранять бдительность и инициативность. Кибербезопасность — это динамичная область, и то, что может быть безопасным сегодня, завтра может оказаться небезопасным. Будьте в курсе возникающих угроз и регулярно переоценивайте и адаптируйте свои методы обеспечения безопасности паролей. По мере развития технологий совершенствуются и тактики киберпреступников. Стремление быть в курсе событий в области безопасности гарантирует, что ваша защита останется устойчивой. Помимо индивидуальных усилий, для организаций крайне важно развивать культуру, заботящуюся о безопасности. Поощряйте образ мышления, согласно которому безопасность — это не просто ответственность ИТ-специалистов, а коллективное обязательство. Регулярные учебные занятия, программы повышения осведомленности и моделирование могут помочь сотрудникам распознавать и предотвращать потенциальные угрозы.

В сфере кибербезопасности сотрудничество является мощным оружием. Отдельные лица, организации и сообщества кибербезопасности должны активно обмениваться информацией о возникающих угрозах, уязвимостях и эффективных стратегиях защиты. Этот коллективный разум укрепляет общую безопасность и помогает каждому оставаться на шаг впереди потенциальных рисков. Использование надежных стандартов безопасности, продвижение законодательства, которое возлагает на организации ответственность за утечки данных, а также инвестиции в исследования в области кибербезопасности — это важные шаги на пути к созданию более безопасной цифровой среды для всех.

Мы общаемся в сети Интернет, используем различные цифровые платформы, поэтому важность безопасности паролей остается первостепенной. Реализация рекомендуемых мер обеспечивает прочную основу для защиты вашей личности в Интернете, конфиденциальной информации и цифровых активов. Помните, что в мире кибербезопасности лучшая защита — это хорошо информированный и бдительный пользователь.

1. Информационная безопасность: парольная защита / И. А. Рябов, М. Г. Койцан, А. А. Кузнецов, В. В. Ермолаева // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 93-8. – С. 76-79. – DOI 10.18411/trnio-01-2023-401.
2. Кочанова, А. Г. Надёжные пароли: как их создать и чем они полезны / А. Г. Кочанова // Вестник науки. – 2023. – Т. 1, № 6(63). – С. 902-908. – EDN FOUBPW. Кузнецов, А. А. Биометрические данные человека как способ защиты информации / А. А. Кузнецов, Я. П. Алейников // Современные научные исследования и инновации. – 2023. – № 9(149).

3. Игнатъев, Д. Р. Защита персональных данных в интернете: как использовать безопасные пароли и устройства для блокировки доступа к компьютеру / Д. Р. Игнатъев // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2023. – № 1-3. – С. 55-60.
4. Какорин, И. А. Особенности фишинговых писем / И. А. Какорин // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 96-9. – С. 52-55. – DOI 10.18411/trnio-04-2023-462.

Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б.
Оценка эффективности системы управления охраной труда предприятия методом
GAP-анализа

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет»
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-499

Аннотация

В соответствии с законодательством Российской Федерации обеспечение безопасных условий труда, создание системы управления охраной труда (СУОТ) на предприятии являются обязанностью каждого руководителя. Как того требуют нормативно-правовые документы, эта система должна постоянно анализироваться и совершенствоваться. Для решения задач повышения эффективности СУОТ предлагается и обосновывается использование так называемого GAP-анализа, представляющего собой один из вариантов экспертного метода системного анализа.

Ключевые слова: охрана труда, система управления, метод GAP-анализа.

Abstract

In accordance with the legislation of the Russian Federation, ensuring safe working conditions and creating a labor protection management system (OSH) at an enterprise are the responsibility of every manager. As required by regulatory documents, this system must be constantly analyzed and improved. To solve the problems of improving the efficiency of the QMS, the use of the so-called GAP analysis, which is one of the variants of the expert method of system analysis, is proposed and justified.

Keywords: occupational safety, management system, GAP analysis method.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ [1] создание безопасных условий труда, предотвращение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях, в организациях является обязательным условием для каждого работодателя.

Руководство каждого предприятия, организации должно разработать и постоянно анализировать функционирование системы управления охраной труда, чтобы оценить, полностью ли она внедрена и соответствует ли установленным в организации политике и целям в области охраны труда. В целях оказания руководителям содействия в соблюдении этих требований принят ряд нормативно-правовых документов по созданию, внедрению и обеспечению функционирования **системы управления охраной труда** (далее - СУОТ). Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29.10.2021 г. № 776н введено в действие «Примерное положение о системе управления охраной труда», приказом Роструда от 21.03.2019 г. №77 утверждены «Методические рекомендации по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда». Разработан ряд ГОСТов [2, 3, 4], входящих в систему стандартов безопасности труда, которые регламентируют общие требования к СУОТ. Применение этих стандартов в целом или частично позволяет предприятию, организации в той или иной степени оказать помощь в совершенствовании управления охраной труда. Но в них отсутствуют способы, методы выявления базовых причины и системообразующих факторов, приводящих к возникновению разрывов между желаемым и действительным. И, следовательно, это затрудняет выработку оптимальных мер и выбор адекватные инструментов решения возникших проблем использования и улучшения действующих СУОТ.

Для наиболее полной и объективной оценки эффективности функционирования СУОТ необходима методика, учитывающая как можно более широкий круг факторов. Классический способ формирования итоговой оценки работы всей системы путем суммирования оценок работы каждой ее части в этом случае недостаточно результативен. Система и методы анализа рассматриваемых показателей и факторов должны представлять собой объединение таких частей в единое целое. При оценивании эффективности СУОТ на предприятии должна приниматься во внимание достаточно обширная информация в области охраны труда, включая оценку общей стратегии СУОТ, отчеты аудитов СУОТ, количество несчастных случаев, профзаболеваний, предписаний проверок инспекцией по труду, результаты расследований несчастных случаев, аварий, финансовые возможности и многое другое.

В таких случаях предпочтительным является применение системного анализа как научного метода познания. Он представляет собой последовательность действий по установлению структурных связей между элементами исследуемых сложных систем, включает в себя совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по ряду проблем, в данном случае по обеспечению производственной безопасности [5, 6]. При проведении системного анализа сложной системы, какой является задача совершенствования системы управления охраной труда, возникают трудности в создании достоверной модели её функционирования, когда невозможно провести надежное теоретическое обоснование зависимостей и граничных условий. В этом случае целесообразно использовать методы *экспертных оценок* принятия решений, когда с привлечением экспертов вырабатывается ряд способов решения задач, основанных на использовании этих оценок. В анализе практической, хозяйственной деятельности находят применение такие методы, как GAP-анализ, метод контрольных вопросов, функционально-стоимостной анализ, SWOT-анализ и другие.

В решении задач совершенствования СУОТ промышленного предприятия предпочтительным является применение так называемого GAP-анализа. Название метода происходит от английского слова «gap» в значении «зазор», «пробел» или «разрыв». Если понимать термин дословно, это анализ разрыва: GAP-анализ направлен на исследование разрыва между желаемым и действительным в развитии компании, предприятия или организации. По сути, это диагностический аудит, что является одним из инструментов консалтинга.

Метод GAP-анализа применим для всех видов производства от тяжелого машиностроения до мини-пекарен [7]. Практически на любом производстве всегда актуальны вопросы создания безопасных условий труда, предотвращения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, совершенствование технологий и сокращение издержек.

GAP-анализ основывается на двух проекциях: установленные цели и результаты; изменение текущей ситуации в будущем. В обобщенном виде **алгоритм** GAP -анализа можно представить в следующем виде:

- описание текущего состояния объекта (в рассматриваемом случае, СУОТ предприятия) и внешних условий, влияющих на него;
- аудит менеджмента СУОТ;
- идентификация главных проблемных зон и глобальных стратегических разрывов;
- определение желаемого уровня состояния и развития;
- выработка детального видения решения всех вопросов;
- детализация глобальных стратегических разрывов.

В ходе анализа экспертам следует найти ответы на такие вопросы, как: чем характеризуются основные «разрывы»? почему они появились? Нужно ли, можно ли их ликвидировать и как?

Для наглядности использования GAP-анализа разрывов в совершенствовании СУОТ на предприятии предлагается воспользоваться планом-графиком (рис. 1), схематично отражающим цели, а также действия, способы достижения цели.

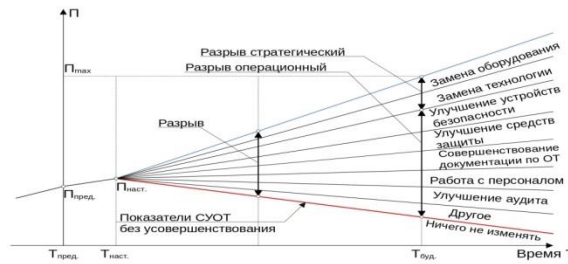


Рисунок. 1 План-график GAP-анализа.

Условные обозначения: P – показатели, отражающие результаты СУОТ: P_{max} – максимальный уровень, $P_{пред}$ – показатель в предыдущем периоде, $P_{наст}$ – показатель в настоящее, исходное время, T – время (период), $T_{пред}$ – предыдущий период, $T_{наст}$ – настоящее время, $T_{буд}$ – будущий период.

При составлении графика сначала фиксируется в выбранном масштабе интегральный показатель уровня безопасности ($P_{наст}$) в абсолютных или относительных единицах, учитывающий вклад всех средств, способов, методов обеспечения безопасности туда, мероприятий СУОТ, характеризующих текущие значения показателей. Ими могут быть количество несчастных случаев, размеры потерь рабочего времени, затраты на улучшение условий труда, на модернизацию средств производства, средств защиты и другие. Показатели оценки соответствия СУОТ требованиям безопасности и охраны труда содержатся в ГОСТ [8]. Затем обосновывается и устанавливается желаемый интегральный показатель уровня безопасности P_{max} и определяется так называемый «разрыв» между достигнутым и планируемым интегральными показателями результатов СУОТ. Далее следует спланировать заполнение «разрыва» (разработку действий, мероприятий и т.д.) по основным параметрам, в качестве которых могут выступать трудовые и финансовые затраты, новые материалы и технологии, техническое оснащение, программное обеспечение и т.д.). В этом качестве могут выступать как стратегические меры (например, поиск и внедрение в производственный цикл новых менее опасных и менее вредных технологий, процессов, оборудования, инструмента, веществ и материалов, сырья и заготовок), так и условно называемые «операционные» мероприятия, включающие в себя замену и совершенствование устройств безопасности, средств коллективной и индивидуальной защиты и так далее (см. рис. 1).

При необходимости можно провести дополнительно так называемый SWOT-анализ, учитывающий сильные и слабые стороны, возможности и потенциально возможные угрозы [9].

На основе сформулированных в плане-графике целей и способов совершенствования СУОТ составляется стратегический план совершенствования СУОТ предприятия (таблица 1).

Таблица 1

Стратегический план совершенствования СУОТ предприятия на 2024 год.

«Разрывы» (выявленные отклонения)	Ключевые задачи	План реагирования (основные задачи)
1. Доля оборудования, соответствующего требованиям охраны труда	1. Поддержание оборудования в нормальном состоянии. 2. Финансирование мер по охране труда.	1. Соблюдение сроков регламентных работ по обслуживанию оборудования. 2. Обновление оборудования. 3. Обновление технологии.
2. Доля оборудования с истекшим сроком эксплуатации	1. Аудит оборудования. 2. Вывод оборудования из эксплуатации и его замена. 3. Выделение финансов.	1. Демонтаж оборудования. 2. Приобретение оборудования. 3. Капитальный ремонт. 4. Монтаж оборудования.
3. Число рабочих мест с вредными и/или опасными условиями труда	1. Аудит рабочих мест. 2. Расчет рисков. 3. Устранение, минимизация рабочих мест с опасными, вредными условиями.	1. Замена технологии. 2. Замена оборудования. 3. Автоматизация процессов. 4. Модернизация средств защиты.

4.Количество несчастных случаев на производстве	1. Работа с персоналом. 2. Совершенствование надзора и контроля.	1. Аудит по охране труда. 2. Совершенствование документации по ОТ. 3.Обучение правилам ОТ. 4. Инструктажи. 5. Проверка знаний.
5.Материальный ущерб от последствий несчастных случаев.	1. Снижение числа дней нетрудоспособности вследствие несчастного случая. 2. Снижение коэффициента частоты травматизма. 3. Снижение коэффициента тяжести травматизма.	1. Модернизация оборудования, технологических процессов, средств безопасности. 2. Совершенствование средств индивидуальной и коллективной защиты. 3. Проведение обязательных медосмотров, оздоровительных мероприятий.

Стратегический план может содержать изменения в структуре управления организации и в руководстве работами, в производственной среде и условиях выполнения работ, изменения в физиологическом и психологическом состоянии работника, совершенствование отраслевых и иных нормативных правовых актов, совершенствование знаний по охране труда и другое.

В примерный перечень функциональных составляющих стратегического плана совершенствования СУОТ могут входить такие элементы, как:

- внедрение систем (устройств) автоматического и дистанционного управления,
- приобретение и монтаж средств сигнализации, аварийной остановки,
- устройство ограждений от излучений, воздействия движущихся частей, и многое другое.

Примерный перечень рекомендуемых мероприятий по улучшению условий и охраны труда, по ликвидации или снижению уровня профессиональных рисков регламентирован приказом Минтруда РФ [10].

Если при составлении стратегического плана разница между желаемым и действительным слишком велика, зачастую более выгодно не ликвидировать этот разрыв, а сосредоточиться на более перспективных и менее затратных проектах. Если GAP-анализ проведен качественно, он дает исчерпывающую картину, план действий и адекватную оценку ситуации и планов, позволяющих на основе глубокой проработки создавать безопасные условия труда.

1. Трудовой кодекс Российской Федерации.
2. ГОСТ 12.0.230-2007 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования. - <https://base.garant.ru>.
3. ГОСТ 12.0.230.2-2015 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Оценка соответствия. - <https://base.garant.ru>.
4. ГОСТ 12.0.230.3-2016. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Оценка результативности и эффективности. - <https://base.garant.ru>.
5. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. М.: Академия, 2003. 512 с.
6. Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б. Системный анализ при решении задач производственной безопасности в эргатических системах. - Ж. «Вестник ТвГТУ», серия «Технические науки», № 4(8), 2020 г. с.77-85.
7. Гершун А., Горский М. Технологии сбалансированного управления. — М.: «Олимп-Бизнес», 2006. — ISBN: 5-9693-0029-2.
8. ГОСТ 12.0.230.2-2015 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда в организациях. Оценка соответствия. Требования. - <https://base.garant.ru>.
9. Учитель Ю. Г., Учитель М. Ю. SWOT-анализ и синтез - основа формирования стратегии организации, Издательство: Либроком, 2010 г., 328 стр.
10. Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 г. № 771н «Об утверждении примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней».

Рожков К.М.

Детализация данных и построение сплит-моделей

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-500

Аннотация

В данной работе была проделана работа с данными о просмотре видео с различных устройств, таких как: десктоп(компьютер/ноутбук), смартфон, планшет. Для проведения анализа по этим данным после чтения приходится их конкатенировать с выравниванием по объекту, объектом становится название видео. Далее строится модель для проведения регрессионного анализа и рассчитывается ее скор.

Ключевые слова: анализ данных, регрессия, детализация данных, сплит-модель, Python.

Abstract

In this paper we have done work with data about watching videos from different devices such as: desktop (computer/laptop), smartphone, tablet. To perform analysis on these data after reading we have to concatenate them with object alignment, the object is the title of the video. Then a model is built to perform regression analysis and its scor is calculated.

Keywords: data analysis, regression, data granularity, split model, Python.

1. Введение

В настоящее время видео просматриваются с различных устройств, таких как: компьютеры, смартфоны, планшеты. При доступе к информации о том с каких устройств было просмотрено видео можно провести анализ соотносимости просмотра с какого-либо устройства. Для этого нужно произвести детализацию данных по просмотрам с различных устройств. При помощи Python и его библиотек можно будет провести анализ данных[1].

1.1. Теоретическая часть

Регрессионный анализ[2] — статистический аналитический метод, позволяющий вычислить предполагаемые отношения между зависимой переменной одной или несколькими независимыми переменными. Используя регрессионный анализ, вы можете моделировать отношения между выбранными переменными, а также прогнозируемыми значениями на основе модели.

Цель любого анализа данных[3] — понимание исследуемой ситуации целиком (выявление тенденций, в том числе негативных отклонений от плана, прогнозирование и получение рекомендации).

Сплит[4] (или «разделение») — это одна из самых полезных функций, которую можно использовать в программировании. Она позволяет разделять строку на подстроки, основываясь на определенном разделителе.

Пример использования функции сплит очень прост: допустим, у нас есть строка, которая содержит список элементов, разделенных запятой. Используя сплит, мы можем разделить эту строку на отдельные элементы и сохранить их в массиве для дальнейшей обработки. Такая функциональность очень удобна, например, для работы с данными, полученными из форм или файлов.

1.2. Постановка задачи

В данной работе следует произвести анализ данных просмотров видео с различных устройств и спрогнозировать полученные данные по десктопам(компьютерам) и смартфонам на данные по просмотрам видео с планшетов.

1.3. Технологии

Главной технологией будет являться язык программирования Python, так как через него будет производиться детализация данных. Остальными технологиями будут являться библиотеки ЯП, такие как: numpy[5], pandas, sklearn.

Pandas понадобится для чтения данных из файлов и конкатенации их, а также их загрузка в среду программирования.

Numpy поможет перевести данные из файлов в вид, который будет нужен для регрессионной модели.

Sklearn, а именно его модуль Linear_model, необходим для построения регрессионной модели и произведения расчетов скоря.

2. Описание данных

Данные для работы были получены из открытых источников

<https://drive.google.com/file/d/1XshauMr0r7VvigjtIHZghcKpZAbKFQTf/view> - данные по планшетам

<https://drive.google.com/file/d/1DYuvyTgF22i3A8CcHGDWRCz9sMDsM0dK/view> - данные по смартфонам

https://drive.google.com/file/d/1GnDkF4yvIqRq-E4V8vDDg_xBdpzfutie/view - данные по десктопам

Во всех трех файлах данные с одного канала, дабы можно было производить анализ. В них присутствуют данные по названию видео, просмотрам, времени просмотра, средней длительности просмотра и среднему проценту просмотра.

3. Алгоритм

3.1. Импорт библиотек

Для проведения работы понадобятся библиотеки Python такие как: numpy, pandas, sklearn, а именно модуль linear_model.

Numpy поможет перевести данные из файлов в вид, который будет нужен для регрессионной модели.

Pandas понадобится для чтения данных из файлов и конкатенации их, а также их загрузка в среду программирования.

Sklearn, а именно его модуль Linear_model, необходим для построения регрессионной модели и произведения расчетов скоря.

In[1]:

```
import numpy as np
import pandas as pd
import sklearn.linear_model as skl
```

3.2. Чтение данных

Чтение данных из файлов производим при помощи метода из pandas read_csv, после чего формируется дата-фрейм. После чего необходимо сделать индексами "Название видео", после чего удалить данные по этому критерию из дата-фрейма.

In[2]:

```
df_desk = pd.read_csv('Desktop.csv')
df_desk.columns = df_desk.columns + '. Десктопы'
df_desk.index = df_desk['Название видео. Десктопы']
df_desk = df_desk.drop(columns= ['Название видео. Десктопы'])
df_smart = pd.read_csv('Smartphone.csv')
df_smart.columns = df_smart.columns + '. Смартфоны'
df_smart.index = df_smart['Название видео. Смартфоны']
df_smart = df_smart.drop(columns= ['Название видео. Смартфоны'])
df_tabl = pd.read_csv('Tablet.csv')
df_tabl.columns = df_tabl.columns + '. Планшеты'
df_tabl.index = df_tabl['Название видео. Планшеты']
```

3.3. Конкатенация прочитанных данных с выравниванием по объектам

Для удобства реализации детализации данных необходимо сконкатенировать дата-фреймы в единый с выравниванием по объектам.

```
In[3]:
df = pd.concat([df_desk, df_smart, df_tabl], axis=1, join = 'inner')
df
```

Out[3]:

	Просмотры, Десктопы	Время просмотра (Секунд), Десктопы	Средняя продолжительность просмотра (Секунды), Десктопы	Средний размер просмотра (КБ), Десктопы	Просмотры, Смартфоны	Время просмотра (Секунд), Смартфоны	Средняя продолжительность просмотра (Секунды), Смартфоны	Средний размер просмотра (КБ), Смартфоны	Просмотры, Планшеты	Время просмотра (Секунд), Планшеты	Средняя продолжительность просмотра (Секунды), Планшеты	Средний размер просмотра (КБ), Планшеты
Продвижение функций персоналий, Вопросы	104	1 0223	35	27.82	69	6 2823	38	30.18	7	6 0651	34	26.78
Гражданские Темы	1556	88 4951	186	21.95	1874	39 4068	132	15.56	85	4 1384	174	20.60
Альтернативные формы предоставления сведений, Вопросы	165	1 6368	35	27.96	79	8 9815	58	39.43	6	6 5205	71	58.24
Исследовательские функции, Вопросы	241	7 4182	111	13.12	369	11 0770	129	15.28	31	1 0889	126	14.89
Неполнота функций, Вопросы	648	23 3131	129	29.24	382	12 5914	113	25.72	33	1 2636	136	30.87
Прообразовательные дифференциалы, Темы	67	3 7034	198	34.32	44	2 0236	165	28.59	7	6 2378	122	28.97
Детализация сведений мобильного оператора, Вопросы	1989	81 2200	147	22.65	1225	46 6398	137	21.15	90	3 5028	140	21.59
Выявление риска нарушения методики предоставления сведений, Статьи	1121	35 1147	112	34.38	979	26 3323	96	29.52	41	6 9372	82	25.88
Характеристики статей новостей, Темы	622	31 8813	124	26.49	438	15 6983	129	29.53	58	2 6309	162	37.21
Организационные документы, Вопросы	2038	68 9033	121	29.09	1813	34 4657	122	29.11	62	2 4952	142	33.96

Рисунок 1. Общий вид таблицы после конкатенации.

3.4. Построение модели

Строится модель, где признаками(фичами) будут являться данные по просмотрам с десктопов и смартфонов, а целевой функцией будут просмотры с планшетов.

```
In[4]:
X = df[['Просмотры. Десктопы', 'Просмотры. Смартфоны']].to_numpy()
y = df['Просмотры. Планшеты'].to_numpy()
```

```
model = skl.LinearRegression()
model.fit(X, y)
model.score(X, y)
```

Out[4]:

0.9025687522230897

Рисунок 2. Скор первичной построенной модели.

3.5. Построение дополнительного признака

Вводим дополнительный признак по типу видео для совершенствования прогноза.

```
In[5]:
df['Тип видео'] = 'Другое'
df
```

Вводим типы видео и прогоняем по циклу названия видео, и там где будет совпадение типа, присваивается название этого типа видео.

```
In[6]:
types = ['Тема', 'Вопросы', 'Ответы', 'Пример', 'Другое']
for name in types:
df.loc[df.index.str.contains(name), 'Тип видео'] = name
```

df

Out[6]:

	Просмотры. Десктопы	Время просмотра (часы). Десктопы	Среднее количество просмотров (секунды). Десктопы	Средний рейтинг (5). Десктопы	Просмотры. Смартфоны	Время просмотра (часы). Смартфоны	Среднее количество просмотров (секунды). Смартфоны	Средний рейтинг (5). Смартфоны	Просмотры. Планшеты	Время просмотра (часы). Планшеты	Среднее количество просмотров (секунды). Планшеты	Средний рейтинг (5). Планшеты	Тип видео
Примеры. Вопросы. Ответы	104	1.0229	35	27.80	95	0.9283	38	30.18	7	0.9981	34	26.79	Вопросы
Гиды. Топы	199	81.4911	196	21.91	1014	39.4068	132	16.68	81	4.1288	114	20.60	Топы
Алгоритмические задачи. Программные примеры. Вопросы	166	1.6389	36	27.99	79	0.9815	63	39.43	6	0.1000	71	56.26	Вопросы
Исторические факты. Примеры	281	1.4032	191	13.12	309	11.0770	129	16.20	31	1.0886	126	14.89	Примеры
Научность. Функции. Топы	648	23.3171	129	29.24	382	12.0914	113	25.72	33	1.2536	136	30.87	Топы
Профессиональные разработки. Топы	67	3.7264	199	34.52	44	2.0216	165	28.08	7	0.2278	122	26.97	Топы
Демо-версии. Матрицы. Примеры	189	81.2260	147	22.65	1255	46.6990	137	21.15	90	3.1006	140	21.09	Примеры
Вычисления. Роль. Матрицы. Матрицы. Матрицы. Матрицы. Матрицы	1121	36.1947	112	36.39	979	26.3223	96	29.02	41	0.9372	82	26.09	Отчеты
Характеристический многочлен. Топы	162	11.8819	104	20.49	418	16.0983	129	29.63	16	2.6390	162	17.21	Топы
Организация. Примеры	278	48.9533	121	29.80	1013	34.4057	122	29.11	62	2.4582	142	33.96	Примеры

Рисунок 3. Таблица после добавления типа видео.

3.6. Построение частичных моделей

3.6.1. Локализация на тип “Тема”

Произведем локализацию по типу “Тема” и рассчитаем коэффициент детерминации по отдельному признаку.

In[7]:

```
d = df.loc[df['Тип видео'] == 'Тема']
```

```
X = d[['Просмотры. Десктопы', 'Просмотры. Смартфоны']].to_numpy()
```

```
y = d['Просмотры. Планшеты'].to_numpy()
```

```
model = skl.LinearRegression()
```

```
model.fit(X, y)
```

```
model.score(X, y)
```

Out[7]:

```
0.9350720657955293
```

Рисунок 4. Коэффициент детерминации по типу видео “Тема”.

3.6.2. Цикл по типам видео

Введем цикл, где будет рассчитываться коэффициент детерминации по всем типам видео по отдельности.

In[8]:

```
S_star = 0
```

```
for name in types:
```

```
    d = df.loc[df['Тип видео'] == name]
```

```
    X = d[['Просмотры. Десктопы', 'Просмотры. Смартфоны']].to_numpy()
```

```
    y = d['Просмотры. Планшеты'].to_numpy()
```

```
    model = skl.LinearRegression()
```

```
    model.fit(X, y)
```

```
    model.score(X, y)
```

```
    S_star += sum((model.predict(X) - y) ** 2)
```

```
    print(name, model.score(X, y))
```

Out[8]:

```
Тема 0.9350720657955293
Вопросы 0.5621196909890828
Ответы 0.6021900451894244
Пример 0.9724590252891948
Другое 0.7889242280866251
```

Рисунок 5. Коэффициент детерминации по всем типам видео по отдельности.

3.6.3. Расчет общего сора

Рассчитаем общий коэффициент детерминации по всем типам видео.

In[9]:

```
S_line = sum((df['Просмотры. Планшеты'].to_numpy() - df['Просмотры. Планшеты'].mean()) ** 2)
```

```
R2 = 1 - S_star / S_line
```

```
R2
```

Out[9]:

```
0.9452815342758164
```

Рисунок 6. Общий коэффициент детерминации.

4. Результаты

При построении модели коэффициент детерминации по признакам просмотров с десктопов и смартфонов к целевой функции по просмотрам с планшетам получился 0.9, что хорошо, но получилось его улучшить с помощью введения дополнительного признака “Тип видео”, что позволило достичь коэффициент в 0.94. Отдельно по признаку лучше всего всего показывают себя видео по признакам “Тема” и “Пример”. Худшим является “Вопросы”.

5. Выводы

Из проделанной работы можно сделать вывод, что соотношение просмотров десктопов и смартфонов к просмотрам с планшета является довольно хорошим, так как планшеты не так распространены, как другие устройства. В конечном итоге получилось получить коэффициент детерминации 0.9 и улучшить его с помощью дополнительного признака “Тип видео” до 0.94.

Для удобства следовало прибегнуть к конкатенации данных с выравниванием по объектам, дабы избежать те видео, какие не просматривались с какого-либо устройства, что позволило достигнуть такого хорошего коэффициента детерминации..

Также можно сделать вывод, что с планшетов малое количество людей, которые смотрят видео не так часто смотрят видео, где тип видео “Вопросы” и “Ответы”. Немногим лучше просматриваются видео типа “Другое”. Часто сходство просмотров с различных устройств является видеоролики с типом “Пример”.

Для достижения такой хорошей прибавки коэффициента приходится прибегать к локализации и расчету коэффициенту детерминации данной модели.

1. Microsoft Learn [Электронный ресурс]: Изучение и анализ данных с помощью Python. Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/training/modules/explore-analyze-data-with-python/>
2. ArcGIS Pro [Электронный ресурс]: Основы регрессионного анализа. Режим доступа: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/3.0/tool-reference/spatial-statistics/regression-analysis-basics.htm>
3. Свод знаний по управлению данными [Книга]. Коллектив авторов: DAMA-DMBOK. 2022. 830 с.
4. AnyLogic [Электронный ресурс]: Split. Режим доступа: <https://anylogic.help/ru/library-reference-guides/process-modeling-library/split.html>
5. Numerical Python [Книга]. Автор: Р. Юханссон. 2018. 723 С.

Рожков К.М.

Классификация астероидов по данным NASA

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-501

Аннотация

Проект "Классификация астероидов по данным NASA" направлен на разработку и применение модели машинного обучения для определения типа экзопланет на основе данных, предоставленных NASA. Астероид — относительно небольшое небесное тело Солнечной

системы, движущееся по орбите вокруг Солнца. Астероиды значительно уступают по массе и размерам планетам, имеют неправильную форму и не имеют атмосферы, хотя при этом и у них могут быть спутники.

Ключевые слова: астероиды, Машинное обучение, NASA, Классификация данных.

Abstract

The project "Asteroid Classification from NASA Data" aims to develop and apply a machine learning model to determine the type of exoplanets based on data provided by NASA. An asteroid is a relatively small celestial body in the solar system orbiting the Sun. Asteroids are significantly inferior in mass and size to planets, are irregularly shaped, and have no atmosphere, although they may have satellites.

Keywords: asteroids, Machine learning, NASA, Data classification.

1. Введение

1.1. Теоретическая часть

Солнечную систему воспринимают обычно как пустое пространство, в котором кружатся восемь планет, некоторые — со своими спутниками. Кто-то вспомнит о нескольких малых планетах, к которым недавно приписали Плутон, о поясе астероидов, о метеоритах, иногда падающих на Землю, и о кометах, изредка украшающих небосвод[1]. Это представление вполне справедливо: ни один из многочисленных космических аппаратов не пострадал от столкновения с астероидом или кометой, — космос довольно просторен. Первый астероид обнаружил в 1801 году Джузеппе Пиази, директор обсерватории в Палермо (Сицилия). Назвал он его Церера и поначалу считал малой планетой. Термин «астероид», в переводе с древнегреческого — «подобный звезде», предложил астроном Уильям Гершель

1.2. Постановка задачи

Целью данного проекта является разработка и применение модели машинного обучения для классификации астероидов по данным, предоставленным NASA[2]. Ключевой задачей является определение типа астероида на основе их характеристик. Задача разбивается на следующие этапы[3]:

- Предварительная обработка данных, включая удаление пропущенных значений и кодирование категориальных переменных.
- Разделение данных на обучающий и тестовый наборы.
- Выбор и обучение модели машинного обучения.
- Оценка производительности модели на тестовом наборе данных.

1.3. Технологии

Для реализации данного проекта я использовал следующие библиотеки и технологии:

Pandas - для работы с данными и их предварительной обработки.

Numpy - для переопределения данных в нужный для модели тип.

Matplotlib - для визуализации результатов и оценки производительности модели.

Seaborn - для визуализации результатов и оценки производительности модели.

Sklearn - для построения и обучения модели машинного обучения.

2. Описание данных

В данном проекте мы используем данные, предоставленные NASA, для классификации астероидов. Датасет содержит информацию о различных характеристиках экзопланет и методах их обнаружения. Данные были взяты из открытого источника: <https://www.kaggle.com/datasets/shrutimehta/nasa-asteroids-classification>

3. Алгоритм

3.1. Импорт библиотек

In[1]:

```
import pandas as pd
import numpy as np
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
import sklearn.model_selection as skl
```

3.2. Чтение данных

In[2]:

```
df = pd.read_csv("nasa.csv")
```

df

Out[2]:

	Neo Reference ID	Name	Absolute Magnitude	Est Dia in KM(min)	Est Dia in KM(max)	Est Dia in M(min)	Est Dia in M(max)	Est Dia in Miles(min)	Est Dia in Miles(max)	Est Dia in Feet(min)	Est Dia in Feet(max)	Asc Node Longitude	Orbital Period	Perihelion Distance	Perihelion A
0	3703080	3703080	21.600	0.127220	0.284472	127.219679	284.472297	0.079051	0.176763	417.388066	...	314.373913	609.599786	0.806259	57.2574
1	3723955	3723955	21.300	0.146068	0.326618	146.067964	326.617897	0.090762	0.202951	479.225620	...	136.717242	425.869294	0.718200	313.0919
2	2446862	2446862	20.300	0.231502	0.517654	231.502122	517.654482	0.143849	0.321655	759.521423	...	259.475979	643.580228	0.950791	248.4150
3	3092506	3092506	27.400	0.008801	0.019681	8.801465	19.680675	0.005469	0.012229	28.876199	...	57.173266	514.082140	0.963902	18.7077
4	3514799	3514799	21.600	0.127220	0.284472	127.219679	284.472297	0.079051	0.176763	417.388066	...	84.629307	495.597821	0.967687	158.2635
...
4682	3759007	3759007	23.900	0.044112	0.098637	44.111820	98.637028	0.027410	0.061290	144.723824	...	164.183305	457.179984	0.741558	276.3956
4683	3759295	3759295	28.200	0.006089	0.013616	6.089126	13.615700	0.003784	0.008460	19.977449	...	345.225230	407.183767	0.996434	42.1110
4684	3759714	3759714	22.700	0.076658	0.171412	76.657557	171.411509	0.047633	0.106510	251.501180	...	37.026468	690.054279	0.965760	274.6927
4685	3759720	3759720	21.800	0.116026	0.259442	116.025900	259.441818	0.072095	0.161210	380.662441	...	163.802910	662.048343	1.185467	180.3460
4686	3772978	3772978	19.109	0.400641	0.895860	400.640618	895.839655	0.248946	0.556661	1214.437764	...	187.642183	653.679098	0.876110	222.4366

Рисунок 1. Чтение загруженной таблицы.

In[3]:

```
df.shape
```

3.3. Чистка лишних данных

In[4]:

```
df = df.drop(['Neo Reference ID', 'Name', 'Orbit ID', 'Close Approach Date', 'Epoch Date Close Approach', 'Orbit Determination Date'], axis = 1)
```

```
df.head() #df.tail() => Last 5 rows
```

Out[4]:

	Absolute Magnitude	Est Dia in KM(min)	Est Dia in KM(max)	Est Dia in M(min)	Est Dia in M(max)	Est Dia in Miles(min)	Est Dia in Miles(max)	Est Dia in Feet(min)	Est Dia in Feet(max)	Relative velocity km per sec	Asc Node Longitude	Orbital Period	Perihelion Distance	Perihelion Avg	Perihelion Std	Mean Anomaly	Mean Motion	Equinox	Hazardous		
0	21.6	0.127220	0.284472	127.219679	284.472297	0.079051	0.176763	417.388066	933.300069	6.118384	...	314.373913	609.599786	0.806259	57.257470	2.007764	2.403764e+08	264.827533	0.500501	0.0000	True
1	21.3	0.146068	0.326618	146.067964	326.617897	0.090762	0.202951	479.225620	1071.381063	18.113985	...	136.717242	425.869294	0.718200	313.091875	1.487332	2.407795e+08	173.747112	0.845330	0.0000	False
2	20.3	0.231502	0.517654	231.502122	517.654482	0.143849	0.321655	759.521423	1686.341531	7.560711	...	259.475979	643.580228	0.950791	248.413838	1.966837	2.408120e+08	282.893654	0.559371	0.0000	True
3	27.4	0.008801	0.019681	8.801465	19.680675	0.005469	0.012229	28.876199	64.309144	11.778074	...	57.173266	514.082140	0.963902	18.707701	1.527904	2.407902e+08	88.741087	0.700277	0.0000	False
4	21.8	0.127220	0.284472	127.219679	284.472297	0.079051	0.176763	417.388066	933.300069	9.840831	...	84.629307	495.597821	0.967687	158.263956	1.485043	2.407616e+08	103.742153	0.726985	0.0000	True

Рисунок 2. Таблица после чистки лишних данных.

3.4. One Hot Encoding опасной колонки

In[5]:

```
hazardous_labels = pd.get_dummies(df.Hazardous)
```

```
df = pd.concat([df, hazardous_labels], axis = 1)
```

```
df = df.drop(['Hazardous'], axis = 1)
```

```
df.head()
```

3.5. Наблюдение уникальных значений

In[6]:

```
print(df['Orbiting Body'].value_counts())
```

```
print(df['Equinox'].value_counts())
```

Out[6]:

```
Orbiting Body
Earth      4687
Name: count, dtype: int64

Equinox
J2000     4687
Name: count, dtype: int64
```

Рисунок 3. Вывод уникальных значений.

In[7]:
`df = df.drop(['Orbiting Body', 'Equinox'], axis = 1)`

3.5. Тепловая карта

In[8]:
`plt.figure(figsize = (20,20))`
`sns.heatmap(df.corr(),annot = True)`

Out[8]:

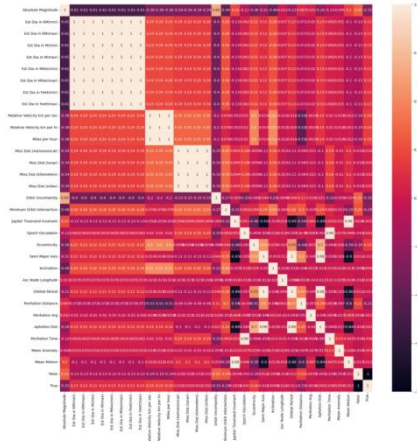


Рисунок 4. Тепловая карта.

3.6. Чистка данных

In[9]:
`df = df.drop(['Est Dia in KM(max)', 'Est Dia in M(min)', 'Est Dia in M(max)', 'Est Dia in Miles(min)', 'Est Dia in Miles(max)', 'Est Dia in Feet(min)', 'Est Dia in Feet(max)', 'Relative Velocity km per hr', 'Miles per hour', 'Miss Dist.(lunar)', 'Miss Dist.(kilometers)', 'Miss Dist.(miles)'], axis = 1)`

3.7. Итоговая тепловая карта

In[10]:
`plt.figure(figsize = (20,20))`
`sns.heatmap(df.corr(),annot = True)`

Out[10]:

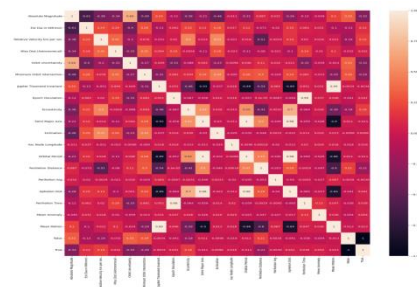


Рисунок 5. Итоговая тепловая карта после чистки данных.

3.8. Выбрасывание столбцов False, заменяя на True

In[11]:
`df.drop([False], axis = 1, inplace = True)`
`df.describe()`

Out[11]:

	Absolute Magnitude	Esc Vel in km/sec	Relative Veloc km per sec	Miss Dist.(Astronomical)	Orbit Uncertainty	Minimum Orbit Intersection	Jupiter Tisserand Invariant	Epoch Osculation	Eccentricity	Semi Major Axis	Inclination	Asc Node Longitude	Orbit Period	Perihelion Distance	Perihelion Arg	Aphelion Dist	Perihelion Time	Mean Anomaly	Mean Motion
count	467.00000	467.00000	467.00000	467.00000	467.00000	467.00000	467.00000	4.68702e+03	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000	4.6710000
max	12.20765	0.20454	15.67811	0.26770	2.91862	0.08220	5.02611	1.44772e+01	0.36259	1.40254	13.37544	172.12725	632.30270	0.01283	163.62121	1.96744	2.46772e+01	161.14767	0.73042
std	2.66672	0.36673	7.29223	0.14678	3.07037	0.08000	1.22718	6.32572e+02	0.18444	0.21454	10.59627	152.27677	576.85427	0.24259	152.51925	0.81514	8.44238e+02	107.52163	0.24267
min	11.16000	0.00101	0.33334	0.00178	0.00000	0.00000	2.15600	2.40216e+01	0.07322	0.01502	0.01453	0.01941	178.10781	0.00744	0.00610	0.00760	2.40100e+01	0.00191	0.08283
25%	12.10000	0.03442	6.42385	0.12403	0.00000	0.01405	4.94500	2.40000e+01	0.24658	1.00653	4.84241	83.20128	303.81051	0.63054	95.42516	1.28620	2.40175e+01	0.100810	0.43239
50%	12.00000	0.11054	12.97389	0.26529	2.00000	0.04735	5.07100	2.40000e+01	0.27450	1.24081	10.31168	172.62530	504.84732	0.62153	100.76194	1.61610	2.40702e+01	165.71889	0.71294
75%	14.00000	0.23837	16.07948	0.38154	6.00000	0.12259	6.91900	2.40000e+01	0.31411	1.67834	19.31181	253.02659	794.19872	0.89127	271.77257	2.40171	2.40100e+01	276.51746	0.88489
max	12.10000	15.79532	44.63747	0.49084	6.00000	0.47781	8.22500	2.40000e+01	0.86021	5.07200	75.40667	359.80800	472.21343	1.28632	359.80800	8.80832	2.40000e+01	359.81781	2.83880

Рисунок 6. Таблица неотрицательных значений.

3.9. Построение и тест модели

In[12]:

```
x = df.drop([True], axis = 1)
```

```
y = df[True].astype(int)
```

```
x_train, x_test, y_train, y_test = skl.train_test_split(x, y, random_state = 0 , test_size = 0.3)
```

#70% TRAIN|30% TEST

3.10. Классификатор XGBoost

In[13]:

```
from xgboost import XGBClassifier
```

```
from matplotlib import pyplot
```

```
from xgboost import plot_importance
```

```
xbg_model = XGBClassifier()
```

```
xbg_model.fit(x_train, y_train)
```

```
plot_importance(xbg_model)
```

```
pyplot.show()dom_state = 0 , test_size = 0.3) #70% TRAIN|30% TEST
```

Out[13]:

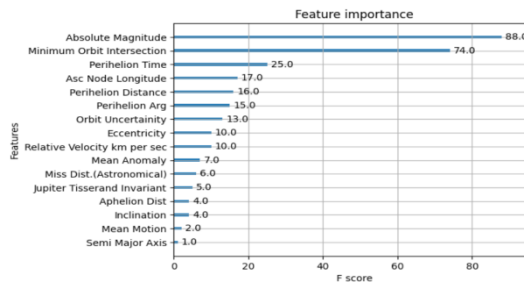


Рисунок 7. Классификатор XGBoost.

3.10. Итоговая оценка точности

In[14]:

```
from sklearn.metrics import accuracy_score, classification_report, confusion_matrix
```

```
predictions = xbg_model.predict(x_test)
```

```
acc = accuracy_score(y_test, predictions)
```

```
print(str(np.round(acc*100, 2))+ '%')
```

```
print(classification_report(y_test, predictions))
```

```
print(confusion_matrix(y_test, predictions))
```

Out[13]:

```

99.64%
precision    recall  f1-score   support

   0         1.00     1.00     1.00     1181
   1         0.99     0.99     0.99      226

 accuracy          1.00         1407
 macro avg         0.99         0.99         0.99         1407
 weighted avg         1.00         1.00         1.00         1407

[[1179   2]
 [   3 223]]

```

Рисунок 8. Оценка точности.

Из ~ 1390 значений только 5 были классифицированы неточно.

4. Вывод

В ходе данного проекта были предприняты успешные шаги по классификации астероидов на основе данных NASA. Начиная с введения, где были разъяснены цели и задачи проекта, до технической реализации, включающей в себя предварительную обработку данных, выбор и обучение модели, а также визуализацию результатов.

1. Предварительная обработка данных: была проведена тщательная обработка данных, включая удаление пропущенных значений и кодирование категориальных переменных, что обеспечило чистоту и подготовленность данных для обучения модели.
2. Выбор и обучение модели: модель была успешно инициализирована, обучена на тренировочных данных, и затем использована для предсказания на тестовом наборе.
3. Оценка производительности: модель была оценена по различным метрикам, включая точность, матрицу ошибок и отчет о классификации, что позволило оценить ее эффективность.
4. Визуализация результатов: результаты были проиллюстрированы графически с использованием тепловой карты матрицы ошибок, что обеспечило наглядное представление о работе модели.

В целом, проект не только успешно достиг поставленных целей, но также предоставил ценный опыт в области применения машинного обучения к астрономическим данным, что может быть полезным для будущих исследований в данной области.

1. Наука и жизнь [Электронный журнал]: Астероиды. Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/25587/>
2. Microsoft Learn [Электронный ресурс]: Изучение и анализ данных с помощью Python. Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/training/modules/explore-analyze-data-with-python/>
3. Свод знаний по управлению данными [Книга]. Коллектив авторов: DAMA-DMBOK. 2022. 830 с.

Ружицкая О.А.¹, Слоцов А.А.², Поплавская А.С.^{1,2}

Гальваника и экосистема: проблематика и стратегии нейтрализации опасных стоков в России и мире

¹Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы
²ООО «РусГидроПроект»
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-502

Аннотация

Статья посвящена актуальной экологической проблеме нейтрализации хромового, кадмиевого и кислотно-щелочного стоков в очистных сооружениях промышленных предприятий гальванического производства. Рассматриваются основные риски и последствия загрязнения окружающей среды данными стоками, а также их воздействие на здоровье человека. Статья представляет обзор действующих норм и законодательства в России и в мире, связанных с регулированием вопросов обращения с опасными промышленными отходами. Анализируются крупные случаи экологических катастроф, связанных с разливами вредных стоков. Рассматриваются новые методы и технологии, перспективы исследований в области очистки сточных вод гальванических производств.

Ключевые слова: гальваническое производство, хромовые стоки, кадмиевые стоки, кислотно-щелочные стоки, очистные сооружения, промышленные предприятия, экологическая безопасность, нейтрализация стоков, загрязнение окружающей среды, регулирование и

стандарты, тяжелые металлы, риски для здоровья, инновационные технологии очистки, экологические катастрофы, законодательство России и мира.

Abstract

The article is devoted to the urgent environmental problem of neutralization of chromium, cadmium and acid-base effluents in wastewater treatment plants of industrial enterprises of galvanic production. The main risks and consequences of environmental pollution from these effluents, as well as their impact on human health, are considered. The article provides an overview of the current norms and legislation in Russia and in the world related to the regulation of hazardous industrial waste management. Major cases of environmental disasters related to spills of harmful effluents are analyzed. New methods and technologies, prospects for research in the field of wastewater treatment of electroplating industries are considered.

Keywords: electroplating production, chrome effluents, cadmium effluents, acid-base effluents, sewage treatment plants, industrial enterprises, environmental safety, wastewater neutralization, environmental pollution, regulation and standards, heavy metals, health risks, innovative cleaning technologies, environmental disasters, legislation of Russia and the world.

Введение

Гальваническое производство, пользующееся широким применением во многих отраслях промышленности, таких как автомобилестроение, электроника, строительство и многих других, играет ключевую роль в современной экономике. Процесс гальваники включает в себя электрохимическое осаждение металлов на поверхность других материалов, что позволяет улучшить их характеристики, такие как коррозионная стойкость, электропроводность и внешний вид. Однако этот процесс не обходится без образования отходов, которые могут содержать опасные химические соединения, включая ионы хрома, кадмия и кислотно-щелочные стоки.

Из-за высокой токсичности и способности этих веществ к накоплению в биологических системах, их выбросы в окружающую среду могут вызывать долгосрочный вред экосистемам и здоровью человека.

В этом контексте проблема нейтрализации и обезвреживания отходов гальванических производств становится особенно актуальной. Необходимо строгое соблюдение экологических стандартов и норм, совершенствование технологий очистки, что обусловлено не только заботой о здоровье людей, но и стремлением сохранить экологическое равновесие нашей планеты для будущих поколений [1].

Влияние отходов гальванических производств на здоровье человека.

Хромовые, кадмиевые и кислотно-щелочные стоки могут оказать отрицательное воздействие на здоровье человека при прямом контакте или через пищевую цепочку.

Некоторые формы хрома, в особенности гексавалентный, могут вызвать кожные аллергии, дерматит, а вдыхание этих веществ может повлечь за собой бронхит, астму и даже рак легких; также могут начаться проблемы с почками и печенью [2,3].

Долгосрочное воздействие кадмия может вызвать у человека необратимые изменения в почках и даже их недостаточность. Также это вещество сопутствует утрате минералов в костях, что приводит к их ослаблению. А вдыхание кадмиевых паров приведет к эмфиземе и хроническому бронхиту [4].

Не менее опасны и кислотно-щелочные стоки. Их прямой контакт с кожей или глазами может вызвать серьезные химические ожоги, вдыхание паров или мелких частиц приводит к раздражению дыхательных путей, нарушению дыхания или хроническим респираторным заболеваниям. При попадании в пищевую цепочку или водные источники кислотные и щелочные вещества могут нарушить кислотно-щелочной баланс, что может повлиять на работу различных систем организма [5].

Важно отметить, что степень риска развития заболеваний зависит от дозы, продолжительности воздействия и индивидуальных особенностей организма.

Загрязнение окружающей среды отходами гальванических производств.

Нейтрализация хромовых и кислотно-щелочных стоков на предприятиях гальванического производства – это важная экологическая и экономическая проблема. Известны случаи, когда такие стоки приводили к загрязнению окружающей среды.

Гальванические производства, особенно старых моделей, иногда сбрасывали стоки, содержащие шестивалентный хром, прямо в почву или без должной предварительной обработки в водные источники. Этот вид хрома является канцерогеном и может накапливаться в подземных водах. Примером может служить история, рассказанная в фильме "Эрин Брокович", когда жители города Hinkley (Калифорния) столкнулись с загрязнением подземных вод шестивалентным хромом от гальванического производства компании Pacific Gas and Electric [6].

Другими яркими примерами служат загрязнение рек Су-Тян (Sutian) в Китае и реки Кода в Бангалоре (Индия). В 2011 году произошла массовая гибель рыбы в реке Су-Тян. Этот случай привлек большое внимание общественности и стал причиной для повышения контроля за промышленными выбросами в регионе. А в реке Кода были выявлены высокие уровни токсичных металлов, включая свинец, медь и хром. Один из источников загрязнения - местные гальванические заводы.

В 1980-1990-х годах загрязнение реки Ловэй в Тайване стало настоящей экологической катастрофой, которой предшествовали сбросы в воду токсичных отходов многих промышленных предприятий, в том числе гальванических заводов. Это сделало воду непригодной для использования и привело к массовой гибели рыбы.

Аналогичная ситуация сложилась в Мексике, где промышленные предприятия на протяжении десятилетий сбрасывали отходы в реку Санта-Катарина без должной очистки. Это привело к загрязнению воды тяжелыми металлами и другими токсичными веществами.

Негативное влияние оказали стоки гальванического производства на реку Охру в Чехии. В 2008 году там произошла массовая гибель рыбы. Было установлено, что стоки содержали высокие концентрации цианидов.

В ближайшее время непоправимая ситуация может случиться с рекой Читарум в Индонезии. Этот водоем считается одним из самых загрязненных в мире из-за интенсивного промышленного сброса, в том числе гальваническими заводами. В воду попадают тяжелые металлы, органические токсины и другие химикаты [7].

Во многих из этих случаев загрязнение не только привело к экологическому ущербу, но также повлияло на местные сообщества. Были потеряны источники пропитания, возросло количество заболеваний, обострились и другие социальные проблемы.

Эти примеры подчеркивают важность строгого контроля и регулирования гальванического производства для предотвращения экологических катастроф и сохранения здоровья людей.

В России, как и в других странах, производственные аварии, связанные с химическими веществами, включая хромовые и кислотно-щелочные стоки, приводили к серьезным экологическим и социальным последствиям.

Город Дзержинск в Нижегородской области стал известен из-за загрязнения, связанного с химической промышленностью. Хотя большая часть проблем касалась производства химического оружия и других химических продуктов, гальваническое производство также внесло свой вклад в общее загрязнение [8].

Челябинская область, известная своими многочисленными промышленными предприятиями, столкнулась с рядом экологических проблем, в том числе связанных с гальваническим производством. Произошло несколько случаев утечек химических веществ, которые привели к загрязнению окружающей среды.

В городах, таких как Волгоград, Новосибирск и других, где гальваническое производство является одной из ключевых отраслей, также отмечались случаи утечек и аварий, приводящих к экологическим последствиям.

Все эти происшествия привели к тому, что в последние десятилетия в России предпринимаются меры по улучшению экологической ситуации, включая модернизацию оборудования, внедрение новых технологий и усиление экологического контроля на предприятиях гальванического производства.

Стандарты и нормативы, регулирующие сброс сточных вод гальванического производства.

В России регулирование сброса сточных вод гальванического производства осуществляется на основе многих нормативных актов, в том числе санитарных, экологических и технологических норм:

- Государственный стандарт РФ (ГОСТ) 9.030-74 "Единая система защиты от коррозии и старения. Защитные покрытия металлические, неорганические. Общие требования к выбросам в атмосферный воздух". Этот стандарт устанавливает общие требования к выбросам при производстве защитных неорганических покрытий.
- Водозащитная зона: в соответствии с Водным кодексом РФ предприятиям не разрешено сбрасывать сточные воды без предварительной очистки в реки, озера и другие водные объекты, находящиеся в водозащитной зоне.
- Нормативы по максимально допустимым концентрациям (МДК): устанавливаются для различных веществ, включая хром и его соединения, которые могут присутствовать в сточных водах гальванического производства.
- Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при эксплуатации химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств": здесь также регламентируются вопросы безопасности и экологии, в том числе обращение со сточными водами.
- Технологические нормативы: они определяют требования к технологическому процессу и оборудованию, применяемому на предприятии, включая системы очистки сточных вод.
- Региональные нормативы: в зависимости от экологической ситуации в конкретном регионе могут быть установлены дополнительные требования и ограничения по сбросу сточных вод.
- Лицензирование и разрешительная деятельность: предприятия, занимающиеся гальваническим производством, должны получать соответствующие лицензии и разрешения на сброс сточных вод.

Следует отметить, что регулирование сброса сточных вод в России постоянно совершенствуется, а предприятия должны регулярно адаптироваться к изменяющимся требованиям и стандартам, чтобы обеспечивать экологическую безопасность своей деятельности.

В настоящее время во многих странах существуют строгие стандарты и нормативы для сброса сточных вод гальванического производства. В США Агентство по охране окружающей среды (EPA) устанавливает стандарты для промышленных стоков, включая стоки от гальванического производства. Так существуют ограничения на сброс хрома, цинка, меди, никеля и цианидов, а также имеются требования к предварительной обработке стоков перед их сбросом в муниципальные системы очистки сточных вод.

Директива ЕС по промышленным выбросам (IED) устанавливает стандарты для многих типов промышленных стоков, в том числе для гальваники. Она включает лучшие доступные техники (BAT) для обработки сточных вод, ограничения на концентрации определенных веществ в стоках, периодический контроль и мониторинг сточных вод.

В Канаде федеральные и провинциальные органы устанавливают нормативы для сброса сточных вод. Эти нормы включают ограничения на сброс определенных тяжелых металлов и других загрязнителей. Выдвигаются требования к обработке и мониторингу сточных вод.

В Японии существует «Закон о контроле загрязнения воды». Стандарты включают ограничения на концентрации загрязнителей в сточных водах, а также требования к оборудованию и системам обработки стоков.

Эти примеры иллюстрируют общий тренд к ужесточению стандартов и нормативов для сброса сточных вод от гальванического производства с целью защиты окружающей среды и человеческого здоровья.

Исследования в области очистки сточных вод гальванических производств в России и мире.

Нейтрализация хромового и кислотно-щелочного стоков очистных сооружений промышленных предприятий гальванического производства привлекла внимание ученых и инженеров во многих странах из-за экологических и экономических вызовов, которые они представляют. Были проведены многочисленные исследования. Ученые использовали микроводоросли для биосорбции хрома. В результате пришли к выводу, что определенные виды микроводорослей, такие как *Spirulina platensis* и *Chlorella vulgaris*, могут эффективно адсорбировать ионы хрома из стоков. Этот процесс может быть использован для биологической очистки сточных вод от гальванического производства [9, 10].

Высокую эффективность в условиях лабораторных и промышленных исследований показал метод электроосаждения хрома. Он позволяет извлекать ионы хрома из сточных вод, используя электрический ток [9].

Учеными были разработаны нанокompозитные материалы на основе оксида железа или модифицированных углеродных нанотрубок, которые могут эффективно адсорбировать ионы хрома из сточных вод.

Для нейтрализации кислотно-щелочных стоков применялась ультразвуковая кавитация. Это помогло улучшить процессы коагуляции и флокуляции, облегчая нейтрализацию и осаждение загрязнителей [11].

Были исследованы, на предмет их способности к коагуляции и флокуляции в сточных водах гальванического производства, новые материалы, такие как модифицированные крахмалы или биополимеры.

Ученые изучают и гибридные системы обработки. Используется комбинирование методов, таких как мембранная фильтрация и биологическая обработка или электрохимическая обработка и физико-химическая коагуляция, для повышения эффективности обработки стоков [10].

Эти примеры основаны на реальных исследованиях, проведенных в различных научно-исследовательских учреждениях и университетах по всему миру. Они иллюстрируют широкий спектр подходов и инноваций, применяемых для решения проблемы загрязнения стоками от гальванического производства.

На базе ряда российских университетов и научно-исследовательских институтов проводятся исследования по использованию микроорганизмов (например, некоторых видов водорослей и бактерий) для эффективного связывания и выделения металлов из сточных вод.

Научные центры, такие как Институт мембранных технологий Российской академии наук, занимаются разработкой и совершенствованием мембранных методов очистки загрязненных вод от гальванического производства [12].

Российские ученые также исследуют возможности использования наноматериалов, таких как наночастицы оксида железа, для адсорбции и выделения тяжелых металлов.

В институтах, таких как Институт электрохимии РАН, проводятся работы по электрохимической обработке сточных вод, позволяя эффективно извлекать ионы металлов [13].

В ряде исследований изучается возможность использования природных адсорбентов, таких как zeолиты, для связывания ионов металлов из сточных вод.

С учетом сложности состава стоков гальванического производства в России разрабатываются системы, комбинирующие различные методы очистки, для максимально эффективного удаления загрязнителей.

Эти исследования и разработки демонстрируют активное стремление российской научной и инженерной общественности к решению экологических проблем, связанных с гальваническим производством.

Выводы

Отходы гальванического производства, в частности, хромовые, кадмиевые и кислотнo-щелочные стоки, представляют серьезную угрозу для экосистемы и здоровья человека.

Попадание стоков гальванических производств в окружающую среду угрожает здоровью человека, разрушает биологические системы, создавая долгосрочные проблемы для всего биоразнообразия.

Необходим дополнительный акцент на исследования и разработки в области технологий очистки стоков гальванических производств. Сотрудничество на международном уровне, обмен опытом и инновациями в области очистки сточных вод гальванических производств могут значительно ускорить процесс внедрения более безопасных и эффективных методов обработки.

Осведомленность населения о рисках, связанных со стоками гальванических производств, играют ключевую роль в формировании ответственного отношения к производству и утилизации отходов. Исследования и обсуждения влияния стоков гальванических производств на жизнь и экосистему способствуют формированию осознанного и ответственного подхода к экологической безопасности на уровне как отдельных предприятий, так и всего общества в целом.

1. Очистка сточных вод гальванического производства: описание различных методов и целесообразность применения // rcycle.net: сайт. – URL: <https://rcycle.net/stochnye-vody/ochistka/galvanicheskogo-proizvodstva-opisanie-razlichnyh-metodov-i-tselesoobraznost-primeneniya> (дата обращения: 08.11.2023).
2. Влияние хрома на организм человека // Laboratory.research: сайт. – URL: <https://laboratoria.by/stati/hrom-i-chelovek> (дата обращения: 10.11.2023).
3. Eco-toxicity of hexavalent chromium and its adverse impact on environment and human health in Sukinda Valley of India: A review on pollution and prevention strategies val from electroplating industry wastewater: Overview and trends / Subhadarsini Mohanty, Ankuri Benya, Sujata Hota, M. Santhosh Kumar, Shikha Singh // Environmental Chemistry and Ecotoxicology. — 2023. — № 5. — С. 46-54.
4. Вредное воздействие кадмия на организм человека // [Электронный ресурс] : сайт. — URL: <https://chebs.cap.ru/news/2023/07/25/vrednoe-vozdjstvie-kadmiya-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 09.11.2023).
5. А.А.Маслова, Ф.И.Четырешников. Проблема негативного влияния гальванического производства на работника. — Современные проблемы экологии. — Тула: «Инновационные технологии». — 2021. — С. 79-83.
6. Загрязнение подземных вод Хинкли - Hinkley groundwater contamination // ВикибриФ: сайт. — URL: https://ru.wikibrief.org/wiki/Hinkley_groundwater_contamination (дата обращения: 25.10.2023).
7. Как выглядит Читарум — самая грязная река планеты? // Big picture: сайт. — URL: <https://bigpicture.ru/chitarum-samaja-grjaznaja-reka> (дата обращения: 28.10.2023).
8. Экологическая ситуация в городе Черноречья – Дзержинске. // Greenologi о качестве жизни: сайт. — URL: <https://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/dzerzhinsk.html> (дата обращения: 14.10.2023).
9. Ю. М.Аверина, Г. Е. Калякина, В. В. Меньшиков, Ю. И. Капустин, В. С. Болдырев. Проектирование процессов нейтрализации хромо- и цианосодержащих сточных вод на примере гальванического производства. — Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия «Естественные науки». — 2019. — С. 70-80.
10. А. А. Курманбек. Изучение методов очистки сточных вод от ионов хрома. — Международный студенческий научный вестник. — 2016.
11. Е. Н. Кузин, А. Б. Фадеев, Н. Е. Кручинина, А. Д. Зайцева, З. К. Мискичкова, Т. И. Носова. Очистка кислотнo-щелочных сточных вод гальванического производства с использованием инновационных реагентов. — Гальванотехника и обработка поверхности. — 2020. — № 3. — С. 37-44.
12. И. О. Исхакова, В. Э. Ткачева. Инновационные методы очистки сточных вод современного гальванического производства. — Вестник Казанского технологического университета. — 2016. — Т.19.—№ 10. — С. 143-146.
13. Е. Г.Филатова. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах. — Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. — 2015. — № 2. — С. 97-109.
14. У.М. Кутлимуродов. Влияние сточных вод с ионами тяжелых металлов города Джизака на окружающую среду. — Экономика и управление гостеприимством территории. — Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. — 2021. — С. 51-55.
15. А. В. Алясова. Влияние гальванического производства на окружающую. — Успехи современного естествознания. — 2011. — № 7. — С. 68-69.

Сальникова Н.А., Реклер Е.Н.
Методы классификации с помощью сверточных нейронных сетей

Волгоградский институт управления –
филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ
(Россия, Волгоград)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-503

Аннотация

В данной работе проводится анализ подходов и методов для определения эмоций человека с помощью сверточных нейронных сетей, которые отлично подходят для задач классификации изображений, благодаря способности выделения признаков изображения, а обученные модели можно использовать в нескольких приложениях одновременно.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, диагностика эмоций, мониторинг поведения, искусственный интеллект, методы анализа данных.

Abstract

This paper analyzes approaches and methods for determining human emotions using convolutional neural networks, which are excellent for image classification tasks due to the ability to extract image features, and the trained models can be used in several applications simultaneously.

Keywords: neural network technologies, diagnosis of emotions, behavior monitoring, artificial intelligence, data analysis methods.

Есть возможность «научить» компьютер понимать, как должна выглядеть каждая эмоция. Рассмотрим метод классификации эмоций с помощью технологий глубокого обучения и глубоких нейронных сетей.

Нейронные сети – это новая технология, которая стала популярна несколько лет назад благодаря росту вычислительных мощностей компьютеров и развитию алгоритмов машинного обучения. Нейронные сети представляют из себя математические модели, которые способны обучаться и приспосабливаться к решению поставленных задач в результате обучения на наборе данных или датасете [1, 2].

Существует множество архитектур нейронных сетей, которые подходят под разные задачи. Задача распознавания эмоций – состоит из задач обработки изображения, выделения признаков на изображении и их классификации. С этими задачи справляются сверточные нейронные сети. Пример архитектуры сверточной нейронной сети представлен на Рис. 1 [3, 4].

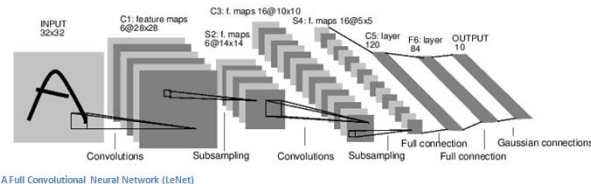


Рисунок 1. Пример архитектуры сверточной нейронной сети.

Данный тип нейронных сетей способен выделять особенности изображений на разных слоях, которые влияют на выходные данные сети. Выделения особенностей изображений происходят в результате операции свертки, в связи с чем архитектура и получила свое название сверточной. Ядро свертки является своеобразными весами для сверточной нейронной сети, которые регулируются в процессе обучения [5]. На Рис. 2 приведен пример операции свертки.

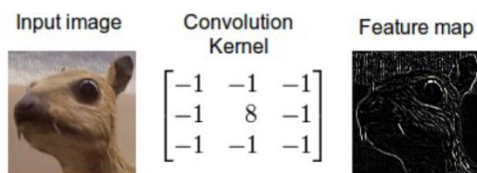


Рисунок 2. Пример операции свертки.

Особенности, выделяемые на изображении, называются – карты признаков. Примеры карт признаков на первом и втором слое сверточной нейронной сети показаны на Рис. 3 и Рис. 4.

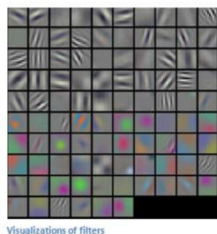


Рисунок 3. Карты признаков после первого слоя свертки.



Рисунок 4. Карты признаков после второго слоя свертки

Благодаря этим свойствам сверточных нейронных сетей они отлично подходят для задач обработки и классификации изображений. Задача распознавания эмоций на изображении может быть решена с помощью сверточных нейронных сетей. Для этого не потребуется выделять на каждом изображении основные точки лица и сами лица. Основным требованием для решения этой задачи является подготовка набор данных для обучения с изображениями различных эмоций людей, а нейронная сеть сама «научится» классифицировать входное изображение эмоции [6].

В настоящее время существует один широко известный сервис распознавания эмоций – Microsoft Emotion Recognition. Так же есть большое количество проектов по распознаванию эмоций с открытым исходным кодом на github, откуда были взяты несколько проектов для сравнения.

В Таблице 1 приведено сравнение существующих решений по нескольким основным критериям.

Таблица 1.

Сравнение существующих решений.

Критерии\Решение	Microsoft Emotion Recognition	D-IT-BOTS Robotics team	МемеМoji	Face++
API	+	–	–	+
Выделение лица	+	–	–	+
Количество эмоций	8	7	6	7
Определение эмоций в режиме реального времени	–	–	–	–
Составление эмоционального портрета по последовательности изображений	–	–	–	–
Использование технологий нейронных сетей	+	+	+	+

Распознавание воспринимаемых эмоций с использованием Face API может выполнять обнаружение гнева, презрения, отвращения, страха, счастья, нейтральности, печали и удивления по выражению лица на основе обучения с помощью аннотаций, написанных программистами, а так же через клиентскую библиотеку и через REST API. Однако важно отметить, что сама по себе мимика не обязательно отражает внутреннее состояние человека.

1. Kamaev V.A., Salnikova N.A., Akhmedov S.A., Likhter A.M. The Formalized Representation of the Structures of Complex Technical Devices Using Context-Free Plex Grammars. // Communications in Computer and Information Science. 2015. Т. 535. С. 268-277.
2. Кравец А.Г., Сальникова Н.А. Предсказательное моделирование трендов технологического развития. // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2020. № 55 (81). С. 103-108.
3. Чан В.Фу., Щербakov М.В., Нгуен Т.А., Скоробогатченко Д.А. Метод сбора ислияния разнотипных данных в проактивных системах интеллектуальной поддержки принятия решений. // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 11. С. 40-44.
4. Kravets A.G., Kolesnikov S., Salnikova N., Lempert M., Poplavskaya O. The study of neural networks effective architectures for patents images processing. // Communications in Computer and Information Science. 2019. Т. 1084. С. 27-41.
5. Камаев В.А., Щербakov М.В. Об одном нейросетевом подходе к идентификации сложных систем. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2004. № 3 (3). С. 20-24.
6. Шабанов Д.В., Коробкин Д.М., Фоменков С.А., Колесников С.Г. Метод извлечения описаний технических функций из патентных текстов. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2018. № 5 (215). С. 68-76.

Сальникова Н.А., Реклер Е.Н.

Обзор сервисов по продвижению Web-ресурсов

*Волгоградский институт управления –
филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-504

Аннотация

Продвижение сайтов – эффективный способ привлечь клиентов, требующий значительных временных затрат и опыта. Для поискового продвижения используют специальные сервисы, с помощью которых можно нарастить ссылочную массу, автоматизировать аналитическую и повысить трафик. Таких сервисов сегодня предоставляется достаточно много. В данной работе проведен обзор и сравнительный наиболее популярных.

Ключевые слова: web-ресурс, SEO-оптимизация, интеллектуальные системы, автоматизированные системы, поисковые системы, анализ больших данных, технологии поискового продвижения, аудит, целевая аудитория, сайт.

Abstract

Website promotion is an effective way to attract customers, requiring significant time and experience. For search engine promotion, special services are used that can help you build up your link mass, automate analytics, and increase traffic. There are quite a lot of such services available today. This paper provides a review and comparison of the most popular ones.

Keywords: web resource, SEO optimization, intelligent systems, automated systems, search engines, big data analysis, search engine promotion technologies, audit, target audience, website.

Для успешного ведения бизнеса необходимо чтобы сайт компании всегда находился на высоких позициях в выдаче любых поисковиков. Для выполнения этой цели необходимо использовать специальные онлайн-инструменты и сервисы, с помощью которых можно избежать рутинной ручной работы по продвижению сайта, значительно увеличить трафик, обогатить аналитическую работу, расширить ряд дополнительных функций [1, 2].

Сервисы автоматической раскрутки или автоматического SEO предоставляют информацию о поисковой выдаче, позволяют скорректировать продвижение своих ресурсов,

быстрее достичь ожидаемых результатов, сэкономить время и средства. С их помощью можно провести анализ качества семантического ядра, нарастить объем ссылочной массы, решить вопросы создания семантического ядра, обеспечить поиск доноров для внешних ссылок, подобрать нужные ключи, провести аналитику семантики Web-ресурса [3, 4]. В результате продвигаемый сайт улучшит свои позиции в выдаче поисковиков.

В настоящее время сервисов по продвижению Web-ресурсов весьма много. Проведем анализ некоторых из них.

Система SeoPult – один из первых и крупнейший в России сервисов для огромного количества мелких и средних бизнесов, помогающих успешно работать и приносить прибыль, создавая дополнительные рабочие места, обеспечивающих автоматизацию всех работ по продвижению сайтов в поисковых системах, надежный инструмент интеллектуального управления контекстной рекламой. Сервис полезен и выгоден предпринимателям, так как представляет собой не просто набор алгоритмов и самостоятельных программ, а объединяет сложные технологии поискового продвижения, имея при этом простой интерфейс, выполняющий основной набор команд в пару кликов [5]. Данная система помогает продвигать сайты людям, имеющим минимальные знания в области поискового продвижения. Система состоит из комплекса функциональных модулей.

Модуль работы с внутренними факторами проводит автоматический аудит сайта, облегчая задачу синхронизированного управления SEO- и контекстной рекламой, выдает рекомендации по изменению текстов и доработке верстки материалов, определяет релевантные страницы, за счет гибкости настроек обеспечивает доступность для любого уровня бизнеса и размера бюджета, имеет готовые шаблоны стратегий для популярных бизнес-отраслей, обеспечивающие долгосрочный эффект.

Модуль оценки стоимости продвижения служит для определения ссылочного бюджета по каждому запросу из семантического ядра, опираясь на анализ ссылочной массы конкурентов, обеспечивает более низкую стоимость продвижения, контролирует процесс продвижения в круглосуточном режиме, но может превышать бюджет, тогда требуется ручная проверка действий.

Модуль первичной простановки предназначен для составления текстов ссылок, выбора оптимальной схемы простановки, автоматически включает режим простановки ссылок, имеет режим редактирования текста ссылок, выдает рекомендации, показывает количество необходимых вхождений ключевых слов в определенные теги страниц.

Модуль управления ссылками проводит мониторинг качества размещенных ссылок, замену потерявших актуальность ссылок на новые, определяет важность тех или иных факторов при ранжировании, гарантирует грамотную стратегию поискового продвижения, автоматически осуществляет достановки для достижения желаемых результатов.

Модуль отчетности предоставляет ежедневные отчеты по расходам с указанием цены и источника покупки по каждой ссылке, а также подробные отчеты о позициях в поисковых машинах и эффективности продвижения с возможностью отправки на e-mail в нужные периоды времени.

Модуль ведения контекстной рекламы предоставляет возможность выбора идеальной стратегии, имеет способы пополнения рекламной сети на выгодных условиях, избегая лишних комиссий существенно экономя бюджет, осуществляет синхронизацию с проектом продвижения сайта.

Недостатки сервиса заключаются в закрытости методов вычисления параметров и рекомендаций, которые могут приводить к санкциям со стороны поисковых систем, выдаваемые рекомендации применимы не ко всем сайтам, а главное, система платная и плата составляет от 10 до 30% наценки от бюджета продвижения.

Seolib.ru изначально этот сервис разрабатывался в качестве вспомогательного инструмента для частной компании, но за счет большого количества мощных инструментов для оценки текстовых, ссылочных и других параметров он довольно быстро набрал популярность, был открыт публичный доступ к сервису, после чего он мощно нарастил свое функциональное оснащение [6]. Сервис позволяет проводить анализ текстов в открытом виде, анализ качества ссылок, проводить диагностику поисковых санкций, семантику сайтов, а так же определять видимость своих проектов и конкурентов.

Модуль анализа релевантности текстов проводит анализ текстов конкурентов, вычисляет объем текста, определяет вхождение ключевых фраз и словоформ, проверяет Url релевантных страниц.

Модуль для анализа внешних ссылок определяет видимость своих проектов и конкурентов, отслеживает продвижение своего сайта и сайтов конкурентов, осуществляет мобильную и десктопную выдачу, позволяет проанализировать как домен в целом, так и отдельную страницу.

Инструменты анализа качества обратных ссылок собирают информацию о стоимости рекламной компании, о количестве обратных ссылок, о наличии сайта в каталогах yasa.yandex.ru и dmoz.org, проводят экспресс-анализ сайта, сравнение сайтов из ТОПa по выбранным показателям, позволяют узнать причины изменения трафика, проводят проверку уникальности текстов.

К недостаткам следует отнести то, что большинство инструментов платные, отдельные инструменты предоставляются в обрезанном виде, анализ полученных данных предлагается делать человеку самостоятельно, при сравнении сайтов иногда выдаются неверные значения.

Сервис Seowizard – инструмент профессионального уровня, прост в использовании, платформа технологична и легка в использовании, позволяет автоматизировать большинство рутинных операций, даст рекомендации по оптимизации, проведет учет всех расходов и сформирует общий бюджет, имеет гибкую настройку методов продвижения для достижения максимальных результатов [7].

Wizard.Sape осуществляет продвижение только по эффективным запросам и контроль достижения целей продвижения, обладает постоянно обновляемой bigdata, использует алгоритмы машинного обучения LightGBM, выдает персональные рекомендации с учетом конкурентного окружения, использует как стандартные методы продвижения, так и создает собственные методы продвижения с гибкой настройкой.

Wizard.Sape – сервис технологичный, автоматически подберет поисковые фразы, исправит ключевые ошибки, сформирует безопасную ссылочную массу, проанализирует конкурентное окружение. Обладает большим набором инструментов, которые помогают подобрать оптимизатору релевантные ключевые фразы для продвижения, определяют наиболее релевантные страницы для ключевых фраз, автоматически проведут проверку страниц по основным SEO-параметрам, сгенерируют качественные текстовые ссылки для продвижения, проведут оценку стоимости продвижения ключевых фраз.

К недостаткам можно отнести закрытость методов вычисления параметров и рекомендаций, медленная скорость анализа сайтов, иногда неправильная генерация анкоров ссылок, приводящая к санкциям со стороны Google, выдаваемые рекомендации подходят не для всех сайтов, не всегда корректное определение бюджета.

Таблица 1.

Сравнительный анализ аналогов системы.

	Анализ текста	Вхождение ключевого слова в теги	Рекомендации	Анализ внешних ссылок	Общий анализ выдачи по запросу	Экспорт результатов	Платность
seopult.ru	+	+	+	–	–	–	+
seowizard.ru	+	+	+	–	–	–	+
seolib.ru	+	не все теги	–	1 сайт за раз	–	+	+

Задача продвижения сайта – важнейшая в мире современном технологий, привлечение клиентов и продвижение своих товаров обеспечивает рост дохода компании [8, 9]. Для достижения успеха необходимо регулярно мониторить сайты конкурентов. Автоматизация этих процессов существенно экономит время и деньги. При поисковом продвижении оптимизатор анализирует огромный массив данных, качество выполнения этой работы напрямую влияет на результат и финансовые затраты.

1. Кравец А.Г., Сальникова Н.А. Предсказательное моделирование трендов технологического развития. // Известия СПбГТИ(ТУ). №55(81). 2020.с. 103-108.

2. Кравец А.Г., Сальникова Н.А. Разработка модуля назначения прав доступа к приложениям в корпоративной мобильной сети. // Журнал: Математические методы в технологиях и технике. № 8. 2022. с. 85-89.
3. Качалов Д.Л., Щербаков М.В. Разработка веб-приложения для поиска в больших данных событий с заданными параметрами. // В книге: XIX Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области. 2015. с. 195-197.
4. Сальникова Н.А., Агаев Р.Э., Заборовская Ю.А. Использование электронных торговых площадок для реализации государственных и муниципальных закупок: перспективы развития. // Научный вестник Волгоградского филиала РАНХиГС. Серия: Экономика. 2015. №1. с.71-74.
5. SeoPult: что это за сервис и как использовать. URL: <https://cropas.by/seo-slovar/seopult/> (дата обращения: 17.01.2024).
6. SEOlib: анализ сайтов онлайн. SEO-сервис для аналитики. URL: <https://startpack.ru/application/seolib> (дата обращения: 17.01.2024).
7. Система продвижения сайтов Wizard. URL: <https://cropas.by/seo-slovar/seopult/> (дата обращения: 17.01.2024).
8. Камаев В.А., Щербаков М.В. Об одном нейросетовом подходе к идентификации сложных систем. // Вестник компьютерных и информационных технологий. № 3 (3). 2004. с. 20-24.
9. Чан В.Ф., Щербаков М.В., Нгуен Т.А. Обзор архитектур систем поддержки принятия решений, использующих аналитику данных в режиме реального времени. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. № 3 (182). с. 95-100.

Сафина Л.З., Плотников В.В.

Влияние метрологии, стандартизации и сертификации на экономическую безопасность страны

*Казанский Государственный Энергетический Университет
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-505

Аннотация

В статье анализируются основные аспекты влияния метрологии, стандартизации и сертификации на экономическую безопасность страны, включая их роль в обеспечении высоких стандартов качества, получении международного признания, устойчивости экономического развития, поддержке конкурентоспособности на мировом рынке и предоставлении безопасности потребителям.

Ключевые слова: метрология, стандартизация, сертификация, экономика, безопасность.

Abstract

The article analyzes the main aspects of the impact of metrology, standardization and certification on the economic safety of the country, including their role in ensuring high quality standards, gaining international recognition, sustainable economic development, supporting competitiveness in the global market and providing safety to consumers.

Keywords: metrology, standardization, certification, economy, safety.

В наше время глобальная экономика сталкивается с рядом вызовов, требующих обеспечения экономической безопасности страны в различных отраслях, которая является фундаментальным аспектом ее процветания, развития и конкурентоспособности. Это означает, что производимые товары и услуги должны отвечать высоким требованиям к качеству и безопасности, чтобы конкурировать на мировом рынке и защищать интересы национальной экономики. Метрология, стандартизация и сертификация играют решающую роль в устойчивости рыночных отношений. Они помогают установить общие требования и критерии, регулирующие процессы производства и предоставления услуг, а также подтверждают соответствие этим требованиям. Внедрение стандартизированных процессов и получение соответствующих сертификатов могут глубоко повлиять на экономическую безопасность страны, повышая доверие к ее продуктам и услугам на международном уровне, снижая торговые барьеры и способствуя инновациям.

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требований точности [4]. Надежная система измерений необходима для обеспечения точности и сопоставимости результатов, как в научных и исследовательских

целях, так и в производственной сфере. Стандарты и нормативные документы в области метрологии гарантируют прозрачность и надежность измерений, обеспечивают единство и согласованность измерительных средств и оборудования. Благодаря метрологии, производители могут предоставлять точные характеристики продукции, а потребители – приобретать товары и услуги с уверенностью в их качестве и безопасности, что в свою очередь способствует укреплению доверия потребителей к отечественным товарам и услугам, а так же содействует увеличению объемов экспорта. Международные стандарты и единицы измерения, разработанные посредством метрологии, позволяют сравнить и оценить качество продукции, снижают технические барьеры и объединяют страны в гармонизации и согласовании технических требований. Метрологический подход позволяет разрабатывать и внедрять новые технологии и инновационные продукты, содействует увеличению производительности труда и снижению издержек производства. С помощью метрологических стандартов и методов могут быть созданы системы калибровки и сертификации, которые помогут гарантировать соответствие новых продуктов требуемым техническим требованиям, а также позволят проводить сравнение уже существующих и новых продуктов. К тому же метрология имеет прямое влияние на безопасность жизнедеятельности людей, что способствует недопущению возможных аварий и чрезвычайных ситуаций, связанных с использованием некачественной продукции. Это содействует сохранению здоровья и жизни людей, а также снижению социальных издержек, связанных с лечением и реабилитацией пострадавших. Таким образом, метрология оказывает значительное влияние на экономическую безопасность страны. Поэтому важно уделять должное внимание развитию метрологии и соблюдению метрологических стандартов и норм во всех сферах экономики.

Стандартизация – процесс разработки и утверждения стандартов, которые определяют требования к продукции, процессам производства, услугам и организациям. Стандарты служат основой для установления общей системы качества, нормализации и типизации продукции, что упрощает ее производство, сбыт и использование. Поэтому стандартизация имеет большое значение для инновационного развития, позволяя компаниям исследовать новые рынки и разрабатывать новые продукты, не боясь конфликтов со стандартами. В зависимости от специфики объекта стандартизации и содержания устанавливаемых к нему требований разрабатывают стандарты следующих видов: основополагающие; на продукцию (услуги); на работы (процессы); методы контроля (испытаний, измерений, анализа) [1]. Единые стандарты облегчают торговлю как на внутреннем, так и на международном уровне, что способствует увеличению объема экспорта и укреплению позиций страны на мировых рынках, способствуя обмену информацией о передовом опыте и лучших практиках между странами. Это позволяет государству учиться на опыте других и принимать эффективные меры для обеспечения экономической безопасности. Применение стандартов помогает предотвратить некачественные товары и услуги, а также распространение поддельной и опасной продукции, что обеспечивает экономическую безопасность страны. Поэтому стандартизации следует уделять внимание и поддерживать ее развитие на национальном и международном уровнях.

Сертификация – процедура подтверждения соответствия продукции, услуг, систем управления и процессов требованиям. Сертификационные процедуры и контроль уровня качества позволяют выявить проблемы и дефекты на ранних стадиях, что минимизирует возможные экономические убытки и репутационные риски для страны. Сертификация улучшает защиту потребителей от недобросовестных продавцов и укрепляет доверие к отечественным товарам. Она обеспечивает потребителям, предприятиям и торговым партнерам уверенность в том, что товары и услуги, с которыми они имеют дело, соответствуют определенным требованиям качества и безопасности. Это позволяет снизить риск возникновения претензий и судебных исков со стороны потребителей, способствуя снижению затрат на рассмотрение и урегулирование споров, а также повышая общую стабильность экономической среды. Сертификация также играет ключевую роль в расширении возможностей международной торговли путем гармонизации правил и облегчения трансграничной торговли. Увеличение спроса, в свою очередь, стимулирует развитие производства и инвестиций в отрасль, что способствует росту экономики страны. Сертификация помогает стране укрепить свою репутацию как надежного партнера и производителя качественных товаров, повышая доверие национальных и международных потребителей и инвесторов, способствуя привлечению иностранных инвестиций и развитию экспорта. Таким образом, сертификация является важным инструментом для обеспечения экономической безопасности страны, защиты прав потребителей, повышения конкурентоспособности, укрепления репутации и снижения рисков и потерь.

С макроэкономической точки зрения влияние метрологии, стандартизации и сертификации на экономическую безопасность имеет далеко идущие последствия и охватывает различные отрасли, такие как здравоохранение, охрана окружающей среды, производство,

технологии, национальная безопасность. В сфере общественного здравоохранения соблюдение стандартов и процессов сертификации обеспечивает безопасность и эффективность фармацевтических препаратов, медицинского оборудования и пищевых продуктов, тем самым защищая общественное благосостояние и сокращая расходы на здравоохранение. Аналогичным образом, защита окружающей среды усиливается за счет соблюдения экологических стандартов. Метрология, стандартизация и сертификация подтверждают соответствие продукции экологическим стандартам, что способствует улучшению экологической ситуации в стране. Более того, в критически важных отраслях, таких как аэрокосмическая и оборонная промышленность, соблюдение строгих стандартов и сертификатов имеет важное значение для гарантии надежности и безопасности продукции. Стандартизированные процессы и сертификация способствуют устойчивости цепочек поставок, обеспечивая бесперебойный поток товаров и услуг даже во времена кризиса. С точки зрения национальной безопасности стандартизация и сертификация также играют решающую роль в снижении рисков, связанных с киберугрозами, промышленным шпионажем и распространением контрафактной продукции. Придерживаясь сертифицированных протоколов кибербезопасности и стандартов качества, страны могут укрепить свою критически важную инфраструктуру и усилить защиту от экономических потрясений, вызванных вредоносной деятельностью или незаконной торговой практикой.

Однако, помимо положительных аспектов, стандартизация и сертификация могут также оказать и отрицательное влияние на экономическую безопасность страны. Сложные процедуры сертификации и излишняя бюрократия могут увеличить издержки производства и замедлить развитие бизнеса. Кроме того, недостаточное соответствие стандартов с международными требованиями может препятствовать экспорту и укреплению позиций страны на мировой арене.

В заключение отметим, что влияние метрологии, стандартизации и сертификации на экономическую безопасность страны нельзя недооценивать. Они предлагают надежную систему измерений, помогают повысить качество и безопасность продукции и услуг, обеспечивают легальность и надежность производства, а также упрощают процессы сбыта и выбора товаров для потребителей. Метрология, стандартизация и сертификация облегчают выход на внешние рынки, демонстрируя соответствие мировым стандартам, тем самым снижая торговые барьеры и повышая конкурентоспособность отечественных отраслей. Кроме того, они способствуют укреплению положительной репутации товаров и услуг страны, потенциально привлекая иностранные инвестиции и ускоряя экономический рост. Гарантия качества и безопасности является ключевым фактором в привлечении и удержании инвестиций, развитии международной торговли и защите национальных интересов в условиях современной экономики. Поскольку до последнего времени глобализация сильно меняла экономический ландшафт, роль метрологии, стандартизации и сертификации оставалась ключевой в обеспечении экономической безопасности стран во всем мире. Нарастающая напряженность в мировой торговле в последнее время приводит к ослаблению устоявшихся связей, что может спровоцировать к разрушению структурированной иерархии в международных стандартах. Ухудшение логистики и снижение качества жизни людей могут быть следствием разрушения структурированных международных стандартов. Без четких и общепризнанных стандартов для измерения качества и безопасности товаров, также как и для установления нормативов и правил взаимодействия, торговля может стать более сложной и непредсказуемой. Это может привести к увеличению задержек и несоответствий в поставках, возрастающему количеству возвратов и увеличению расходов на проверки и контроль. Вероятно, в дальнейшем это отразится на качестве жизни потребителей, а также на экономической активности и конкурентоспособности различных индустрий. Поэтому важно продолжать развивать строгую стандартизацию и унификацию, содействовать их внедрению в различные отрасли экономики для обеспечения устойчивого экономического роста и безопасности страны.

1. Земляной, К. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / К. Г. Земляной, А. Э. Глызина; М-во науки и высшего образования РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. – 235 с.
2. Коротков, В. С. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / В. С. Коротков, А. И. Афонасов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 186 с.
3. Мельников, В. П. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В. П. Мельников, А. В. Шулепов, Т. Ю. Васильева; под ред. В. П. Мельникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: КНОРУС, 2021. – 442 с.

4. Романов, А. Б. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества: учеб. пособие / А. Б. Романов, М. В. Крашенинникова, М. М. Сычев, В. Н. Коробко. – СПб, СПбГТИ(ТУ), 2014. – 143 с.
5. Чирков, А. П. Влияние метрологии на экономику. Статистика и методы оценки // Компетентность / Competency (Russia). – 2023. - №7. - DOI: 10.24412/1993-8780-2023-7-18-21.

Соколов Б.С.

Выбор наиболее оптимального типа заглубленной строительной конструкции усиления основания фундаментов

*ФГБОУ ВО «ЧГУ имени И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-506

Аннотация

В статье рассматривается проблема строительства высокоскоростной магистрали в долине рек Волга, Ока, Сура на основаниях со сложными инженерно-геологическими условиями с перемежающимися слабыми грунтами (просадочные, биогенные представленные илами, торфами и сапропелями, набухающие и т.д.). Наличие в основании сильно деформируемых инженерно-геологических элементов усложняет безопасную эксплуатацию скоростных поездов. Предельно допустимая осадка земляного полотна при скоростях движения до 400 км/ч не должна превышать $S_u=15$ мм. Для обеспечения требований безопасной эксплуатации подвижного состава высокоскоростных магистралей (ВСМ) требуется армирование слабых оснований с передачей внешних нагрузок на инженерно-геологические элементы с высокой несущей способностью и низкой деформативностью.

Ключевые слова: сложные инженерно-геологические условия, высокоскоростная магистраль (ВСМ), буровые сваи, электроразрядная технология (ЭРТ).

Abstract

The article deals with the problem of high-speed line construction in the valley of the Volga, Oka, Sura rivers on the foundations with complex engineering and geological conditions and loose soils (collapsible soils, biogenic soils formed by silt, peat and sapropel, expansive soils, etc.). The presence of highly deformable engineering and geological elements at the foundation complicates the safe operation of high-speed trains. The maximum allowable subgrade settlement at traffic speeds up to 400 km/h should not exceed $S_u = 15$ mm. To ensure the safety requirements for high-speed line (HSL) rolling stock, it is necessary to reinforce weak foundations with the transfer of external loads to engineering and geological elements with high bearing capacity and low deformability.

Keywords: complex engineering and geological conditions, high-speed line (HSL), bored piles, electric discharge technology (ERT).

Освоение территорий прилегающих к долинам рек Волга, Ока, Сура и их притокам является сложной геотехнической проблемой для целей возведения скоростных железнодорожных магистралей. В данной статье рассматривается возможность их возведения по территории Средней Волги от г. Нижнего Новгорода до г. Чебоксары.

Проектируемая трасса проходит в пределах Волго-Уральского свода - одной из крупнейших положительных структур Русской платформы.

В течение четвертичного времени различные части рассматриваемой территории находились в различных климатических условиях и подвергались воздействию разнообразных физико-географических процессов. Северная часть её неоднократно подвергалась оледенениям, а южная - воздействию трансгрессий Каспийского моря. Эти различные условия наложили свой отпечаток на характер четвертичного покрова территории. В северо-западной части её широко развиты ледниковые и водно-ледниковые образования, в средней - аллювиальные и элювиально-делювиальные, а в самой южной - морские лиманные отложения. В толще четвертичных отложений находятся торф, кирпичные глины, песок, песок с прослоями гравия, суглинки и глины (в надпойменных террасах Волги, Суры и Цивилия).

В районах Нижегородского и Чебоксарского Поволжья покровные отложения представлены лёгкими суглинками и тяжёлыми супесями характерного желтовато или буровато-палевого цвета с чётко выраженными признаками лессовидности (макропористость, столбчатая отдельность и др.) и просадочными свойствами. Обводненность пород комплекса незначительна и имеет спорадический характер.

Современные болотные отложения (bIV) распространены неравномерно на всей исследуемой территории. В обширных понижениях рельефа, приуроченных к долинам рек или низменностям в зоне лесов, образуются особенно крупные торфяники - торфяные бассейны. На рассматриваемой территории примерно в равном количестве встречаются низинные и верховые торфяники. Отложения представлены торфами и заторфованными грунтами. Средняя мощность болотных отложений от 2 до 3 м и может достигать до 10 м. На отдельных участках, где развиты болотные отложения, непосредственно с поверхности залегают болотные воды.

В соответствии с СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», район коридора проектируемой трассы железной дороги по степени сейсмической активности определён по шкале MSK-64 по Карте сейсмического районирования России ОСП-97-С (вероятность возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет - 1%). Согласно приложения Б СП 14.13330.2014 расчётная сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и степени сейсмической опасности С (1%) в течение 50 лет равна - 7 баллов для Чувашской Республики и 6 баллов для Нижегородской области.

Из экзогенных геологических процессов на территории Нижегородской области по площади распространения выделяется в первую очередь процесс овражной эрозии - оврагами поражено до 40% площади области, заболоченные территории занимают 30% от её площади, закарстованные - до 26%. Оползневой процессом наиболее поражены территории Богородского, Котовского, Павловского, Лысковского, Воротынского районов, правобережные склоны рек Оки и Волги. Карбонатный карст распространён преимущественно на юге области: в Первомайском, Дивеевском, Вознесенском районах, г. Сарове, карбонатно-сульфатный и гипсовый карст развивается преимущественно в г. Дзержинск, Заречной части г. Н.Новгород, в Павловском, Арзамасском и других районах.

Развитие процесса подтопления и заболачивания отмечается в той или иной степени по левобережью Чебоксарского и Горьковского водохранилищ, рек Оки и Волги, а также в пределах Фокинской и Лысковской низин на правобережье Чебоксарского водохранилища и Кстовской низины на Волжском правобережье.

Наиболее активное развитие оползневого процесса отмечалось на правобережье Чебоксарского водохранилища в районе населенных пунктов Бармино, Сомовка, Васильсурск, Хмелевка; на правобережье р.Оки в районе пст. Береговые Новинки, Новинки, Сартаково и др., на правобережье р.Волги в пределах Нагорной части г. Н.Новгород. В озёрной зоне Чебоксарского водохранилища, на участке II категории «Васильсурск-Н», оползнеобразующими факторами которого являлись климатические условия и подземные воды, активность оползневого процесса остаётся по-прежнему самой высокой. В весенний период Сурский склон был полностью захвачен оползневой смещением. Активизация оползней произошла в основном в средней части склона и частично в верхней, вызвав деформацию жилого дома, расположенного в приборочной части плато. Активизация оползней в нижней части склона была связана с подмывом основания склона и подземными водами.

Развитие речной эрозии и абразии отмечено в период половодья. На локальных участках отмечался сильный размыв берегов.

На территории Чувашской Республики проявляется широкий комплекс процессов. В их числе овражная, речная, береговая и плоскостная эрозия, оползневой, абразионный, карстовый, суффозионный и обвальный процессы, заболачивание, криогенное пучение, эоловая и речная аккумуляция, сезонная солифлюкция и др. Воздействие их ведёт к значительному изменению геологической среды и условий обитания, существенно затрудняет и ограничивает хозяйственную деятельность. Наиболее распространённым неблагоприятным геологическим процессом в пределах республики является овражная эрозия. Распределение оврагов отличается значительной неравномерностью. Наиболее поражена процессом северная часть республики. Плотность проявления активных форм здесь может достигать 11 единиц на 1 км².

Опасностью развития и высокой динамичностью характеризуются оползневые процессы. В разной степени ими поражено около 2% территории республики. Чаще распространение оползней диктуется наличием многочисленных речных и эрозионных систем.

Наиболее крупные и многочисленные формы встречаются по бортам речных долин. Оползни весьма разнообразны по масштабам проявления и формам смещения. Наряду с блоковыми телами повсеместно развиты оползни-сплывы и оползни-потоки. Разветвлённая речная сеть определяет широкое развитие речной береговой эрозии. Этому процессу подвержено 3% территории республики. По имеющимся сведениям, скорость размыва берегов колеблется в пределах от первых сантиметров до 5,0-6,0 м в год. Образование заболоченных участков в пределах республики, связано с наличием избыточно увлажнённых поверхностей, либо зарастающих водоёмов. Наиболее широко процесс развит в долинах рек Волга и Сура. Общая площадь заболоченных участков на территории субъекта федерации составляет 0,2%.

К числу опасных процессов относится также карст. Степень подверженности территории республики его воздействию составляет 0,08%. Наиболее активное течение процесса отмечено в прибрежной зоне Куйбышевского водохранилища. Частота проявления открытых форм здесь может достигать 12 единиц на 1 км² площади побережья.

По результатам проведённых инженерно-геологических обследований территории, широко распространено морозное пучение грунтов. Особенно часто его воздействию подвержены дорожные сооружения. Местами их проявления являются участки развития пылеватых суглинков, избыточного увлажнения грунтов. В Чувашской Республике по побережью Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ отмечено свыше 500 активных оврагов и промоин.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что инженерно-геологические условия для строительства высокоскоростной магистрали на участке от г. Нижнего Новгорода представляет собой сложную геотехническую проблему. Для обеспечения нормативных значений несущей способности оснований и деформативности одной из рациональных технологий является армирование его с помощью заглубленных конструкций, таких как буровые сваи, изготавливаемые по различным технологиям [1÷3, 4]. В работах [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24] приводится алгоритм определения наиболее эффективной заглубленной конструкции.

Для наиболее оптимального решения рассматриваемой проблемы подходит принцип итерационного проектирования [4, 5, 6, 7, 8] для каждого рассматриваемого типа буровых свай. Он предлагает следующую схему: «базовый проект - опытная площадка – корректировка **базового проекта**». Обычно в качестве опытной площадки принимается участок свайного поля, включенного в состав базового проекта. В этом случае возможно избежание дополнительных затрат. Результаты натурных испытаний должны являться основой проектирования подземных сооружений с применением типа буровых свай.

Следует отметить тот факт, что при принятии экономически обоснованного и технически целесообразного типа заглубленных конструкций должны быть идентичные входные данные. Это: 1 – одинаковость отметок заложений нижнего конца и верха свай; 2 – идентичность инженерно-геологических и гидрогеологических условий, 3 – соответствие внешних нагрузок во всех расчетных схемах. Часто наблюдаются случаи назначения различных длин для рассматриваемых типов в интерактивном проектировании. Определяющим условием назначения отметок нижнего конца свай является обеспечение требуемых значений осадок усиленного основания согласно СП 22.13330.2011 «Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*».

Несущая способность свай, изготавливаемых по применяемым в настоящее время технологиям, определяется как сумма величин несущих способностей по пяте и боковой поверхности. Последние зависят от геометрических параметров сваи (площади опирания и боковой поверхности) и инженерно-геологических характеристик грунтов, примыкающих к свае (расчетных сопротивлений грунта под пятой и по боковой поверхности сваи).

Для сравнительных расчетов в [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24] рассмотрены **буроињекционные сваи, изготовленные по разрядно-импульсной технологии (ЭРТ)** без промежуточных уширений и с промежуточными уширениями, **буронабивные сваи**, погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником, **буронабивные сваи** с использованием обсадных труб или проходных шнеков (SFA), а также **буронабивные сваи**, выполняемые под защитой глинистой рубашки.

Существенное повышение несущей способности достигается в случае, если свая представляет собой конструкцию из нескольких уширений [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24], при этом нижнее уширение выполняется по пяте сваи, увеличивая

ее площадь и верхнее (по боковой поверхности) работают как дополнительные опоры, а несущая способность грунтов при опирании на них этими опорами значительно выше несущей способности этих же грунтов при трении о них боковой поверхности свай. Практика изготовления таких свай показала их высокую эффективность. Несущая способность свай ЭРТ с двумя уширениями в 1,5-2,5 раза выше, чем у свай, выполненных без уширений.

В таблице 1 приведены результаты расчетов для выбора типа свай для армирования оснований высокоскоростной магистрали (ВСМ).

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности буронабивных и буронабивных с уширениями свай ЭРТ.

Типы буровых свай	Количество свай в свайно-плитном фундаменте, шт.	Длина свай, м	Общий погонаж, м	Стоимость п/м свай, р.	Общая стоимость объекта, млн.р.
2* – буронабивные сваи, погружаемые инвентарной трубой с теряемым наконечником	125	17	2125	5000-8000	10,6-17
3* – буронабивные сваи с использованием обсадных труб или проходных шнеков	134	17	2278	5000-8000	11,4-18,2
4* – буронабивные сваи, выполняемые под защитой глинистой рубаши	146	17	2482	5000-8000	12,4-19,9
1* – сваи ЭРТ без промежуточных уширений	144	17	2448	3500-6000	8,6-14,7
Сваи ЭРТ с местными уширениями	80	17	1360	3500-6000	4,8-8,2

- Ильичев В.А., Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Опыт освоения подземного пространства российских мегаполисов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 2. С. 17-20.
- Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. СПб.: Геореконструкция, 2010. 551 с.
- Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: АСВ, 2009. 550 с.
- В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). Издание второе, дополнительное. Санкт-Петербург. – 2012. 284 с.
- Соколов Н.С., Соколов С.Н. Применение буронабивных свай при закреплении склонов // Материалы Пятой Всероссийской конференции "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" (НАСКР-2005) - 2005. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского университета. С. 292-293.
- Соколов Н.С. Метод расчета несущей способности буронабивных свай-РИТ с учетом «подпятников» // Материалы 8-й Всероссийской (2-й Международной) конференции "Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции" (НАСКР-2014) - 2014. г. Чебоксары: Изд-во Чувашского государственного университета. С. 407-411. Sokolov N.S. One of geotechnological technologies for ensuring the stability of the boiler of the pit. Key Engineering Materials, 2018. Т. 771. С. 56-69.
- Соколов Н.С., Соколов А.Н., Соколов С.Н., Глушков В.Е., Глушков А.В. Расчет буронабивных свай ЭРТ повышенной несущей способности. Жилищное строительство. 2017. № 11. С. 20-25.
- Соколов Н.С. Технологические приемы устройства буронабивных свай с местными уширениями. Жилищное строительство. 2016. №10. С.54.
- Sokolov N.S., Viktorova S.S. Method of aligning the lurches of objects with large-sized foundations and increased loads on them. Periodico Tche Quimica. 2018. Т. 15. Special Issue I. С.1-11.
- Соколов Н.С. Критерии экономической эффективности использования буровых свай Жилищное строительство. 2017. № 5. С. 34-37.
- Никонорова И.В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища в сборнике: Управление водными ресурсами в условиях изменения климата. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С.71-72.
- Соколов Н.С., Рябинов В.М., Таврии В.Ю., Абрамушкин В.А. Способ возведения набивной сваи. Патент на изобретение RU2318960 С2, 10.03.2008. Заявка № 2005140716/03 от 26.12.2005.
- Соколов Н.С. Определение несущей способности буронабивных свай-РИТ со сформированными "подпятниками". В сборнике: Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции, материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции. 2012. С 289-292.

14. Соколов, Н. С. Проблемы расчета буронагнеточных свай, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии / Н. С. Соколов, М. В. Петров, В. А. Иванов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : Материалы VIII Всероссийской (II Международной) конференции, Чебоксары, 20–21 ноября 2014 года / Редакционная коллегия: Н.С. Соколов (отв. редактор), Д.Л. Кузьмин (отв. секретарь), А.Н. Плотников, Л.А. Сакмарова, А.Г. Лукин, В.Ф. Богданов, В.И. Тарасов. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, 2014. – С. 415-420.
15. Соколов, Н. С. Мелкозернистый бетон как конструкционный строительный материал буронагнеточных свай ЭРТ / Н. С. Соколов, С. Н. Сок-олов, А. Н. Соколов // Строительные материалы. – 2017. – № 5. – С. 16-19.
16. Патент на полезную модель № 161650 U1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Устройство для камуфлетного уширения набивной конструкции в грунте : № 2015126316/03 : заявл. 01.07.2015: опубл. 27.04.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
17. Соколов, Н. С. Один из случаев усиления основания деформированной противооползневой подпорной стены / Н. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2021. – № 12. – С. 23-27. – DOI 10.31659/0044-4472-2021-12-23-27.
18. Патент № 2605213 C1 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной конструкции в грунте : № 2015126349/03 : заявл. 01.07.2015 :опубл. 20.12.2016 / Н. С. Соколов, Х. А. Джантимиров, М. В. Кузьмин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова".
19. Патент № 2282936 C1 Российская Федерация, МПК H03K 3/53. Генератор импульсных токов : № 2005102864/09 : заявл. 04.02.2005 :опубл. 27.08.2006 / Ю. П. Пичугин, Н. С. Соколов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма "ФОРСТ".
20. Патент № 2318960 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34. Способ возведения набивной сваи : № 2005140716/03 : заявл. 26.12.2005 :опубл. 10.03.2008 / Н. С. Соколов, В. М. Рябинов, В. Ю. Таврин, В. А. Абрамушкин.
21. Никонорова, И. В., Соколов Н.С. Хозяйственное освоение зоны влияния Чебоксарского водохранилища / И. В. Никонорова, Н. С. Соколов // Управління водними ресурсами в умовах з мінклімату: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Киев, 21 марта 2017 года. – Киев: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017. – С. 71-72.
22. Соколов, Н. С. Определение несущей способности буронагнеточных свай-РИТ со сформированными "подпятниками" / Н. С. Соколов // Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции : материалы I Международной (VII Всероссийской) конференции, Чебоксары, 14–15 ноября 2012 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2012. – С. 289-292.
23. Соколов, Н. С. Об ошибочном способе устройства буронагнеточных свай с использованием электроразрядной технологии / Н. С. Соколов, С. Н. Соколов, А. Н. Соколов // Жилищное строительство. – 2016. – № 11. – С. 20-28.
24. Патент № 2250957 C2 Российская Федерация, МПК E02D 5/34, E02D 5/44. Способ изготовления набивной сваи : № 2003121751/03 : заявл. 14.07.2003 :опубл. 27.04.2005 / В. Ю. Таврин, Н. С. Соколов, В. А. Абрамушкин ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная фирма ФОРСТ".

Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф.

Микропроцессорный терморегулятор

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-507

Аннотация

Рассмотрено применение микропроцессорных терморегуляторов в системах автоматизации, влияние их выбора на рабочий процесс, на тепловое состояние судовых дизелей, отражены наиболее перспективные и важные из них.

Рассмотрены основные этапы по повышению эффективности и технико-экономических показателей судовых энергетических установок (СЭУ) за счёт выбора терморегуляторов, оптимального температурного режима за счет разработки высокоэффективных алгоритмов обработки данных, их хранения и выработки регулирующих сигналов, удовлетворяющих заданным критериям качества.

Ключевые слова: дизель, режим, условия эксплуатации, регулятор, система, воздух, подогрев, оптимизация, машина, температура.

Abstract

The application of microprocessor thermoregulators in automation systems is considered, the influence of their choice on the workflow, on the thermal condition of marine diesels, the most promising and important of them are reflected.

The main stages of improving the efficiency and technical and economic indicators of marine power plants through the selection of thermoregulators, optimal temperature conditions through the development of highly efficient algorithms for data processing, storage and generation of regulatory signals that meet specified quality criteria are considered.

Keywords: diesel, mode, operating conditions, regulator, system, air, heating, optimization, machine, temperature.

Анализ отечественной и зарубежной литературы [1, 2] показывает, что применение микропроцессорной техники в системах автоматизации позволяет обеспечить реализацию достаточно емких алгоритмических задач с включением логических и вычислительных операций. Кроме того, появляется возможность накопления и хранения информации, возможность наращивания объемов и характера автоматизируемых процессов по мере разработок новых алгоритмов автоматики, относящихся к управлению, контролю и регулированию дизельных установок. При этом речь идет как о традиционных объемах автоматизации, так и перспективных. К последним могут быть отнесены системы управления углом опережения впрыскивания, отключения цилиндров, управления с частичной адаптацией (по контролируемому состоянию, по условиям окружающей среды и т.д.), системы диагностического контроля, системы связанного регулирования параметров дизеля и ряд других систем, реализация которых на традиционной аппаратуре была неэкономична или невозможна. Применение микропроцессоров в САРТ (системах автоматического регулирования температуры) позволит поднять на качественно новый уровень такие важные их характеристики, как обеспечение оптимального температурного режима за счет разработки высокоэффективных алгоритмов обработки данных, их хранения и выработки регулирующих сигналов, удовлетворяющих заданным критериям качества функционирования САРТ [3, 4, 5].

Одно из главных преимуществ микропроцессорной техники перед используемой до последнего времени элементной базой для систем автоматизации дизеля - возможность изменения программ управления (в пределах определенных границ для выбранных структур) без изменения монтажных связей [6]. Кроме того, микропроцессорная техника позволяет создать систему комбинированного регулирования, в которой наряду с регулированием по отклонению регулируемой температуры осуществляется дополнительное регулирующее воздействие по возмущению. Это обстоятельство открывает новые возможности унификации систем управления судовых дизелей, обеспечивая при этом высокоэффективные показатели массы и габаритов [7, 8].

Исходя из вышеуказанного, было разработано устройство для регулирования температуры рабочих сред с использованием микропроцессорного регулятора, например, на системе охлаждения дизеля (рис. 1).

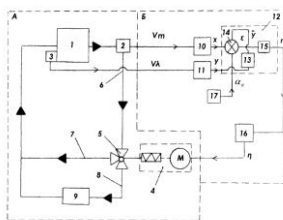


Рисунок 1. Схема устройства для регулирования температуры рабочих сред с микропроцессорным регулятором.

Устройство содержит непрерывную часть А и дискретную часть Б. К непрерывной части относится двигатель 1 с насосом (насос отдельной позицией не показан), электрический датчик температуры 2, установленный на выходе из двигателя 1, датчик нагрузки 3, электрический исполнительный механизм 4, соединенный с трехходовым краном 5, патрубки которого подключены к каналам: 6 - приема охлаждающей жидкости из двигателя, 7 - перепуска на двигатель, 8 - распределения потока охлаждающей жидкости на холодильник 9. К дискретной части относятся аналого-цифровые преобразователи (АЦП) 10, 11; микроЭВМ 12, в которой

предусмотрены компенсирующий узел 13, узел сравнения-суммирования 14 и регулирующий узел 15; цифроаналоговый преобразователь 16 и задатчик программы 17.

Датчик температуры 2 служит для регулирования системы охлаждения по отклонению температуры охлаждающей жидкости, а датчик нагрузки 3 – по отклонению возмущающего воздействия. При работе дизеля датчик температуры 2 формирует аналоговый сигнал V_T , а датчик нагрузки 3 - V_λ в аналоговой форме.

Для передачи сигналов из А в Б и обратно эти сигналы должны соответствующим образом преобразовываться. Аналого-цифровые преобразователи 10, 11 преобразовывают аналоговые сигналы V_T, V_λ в дискретные x, y , а цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) 16 - дискретный сигнал $г$ в аналоговый сигнал η .

В зависимости от требований к оптимальному температурному режиму, задатчик программы 17 устанавливается на заданную температуру, с помощью сигнала α_d он связан с узлом сравнения-суммирования 13.

В случае необходимости использования других систем в данном устройстве (например, системы охлаждения температуры наддувочного воздуха, смазочного масла, топлива, поршня, форсунки и т.п.) датчики этих элементов (на рис.3.9 они не показаны) через АЦП подключаются к микроЭВМ 12.

После запуска дизеля непрерывный аналоговый сигнал V_m от датчика температуры 2 подается в аналого-цифровой преобразователь 10. В АЦП 10 непрерывный сигнал подвергается квантованию по времени с шагом Δt , т.е. сигнал получает определенные значения только в моменты $0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, n\Delta t, \dots$. Таким образом, непрерывный сигнал, полученный от датчика температуры 2, например $V_T(t)$, преобразуется в дискретный $x(t)$. Одновременно происходит квантование сигнала по уровню путем округления дискретного сигнала $x(t)$ до стандартного ближайшего уровня. Полученный таким образом сигнал $x(t)$ представляет собой последовательность цифровых двоичных кодов, которые в дискретные моменты времени передаются в микроЭВМ 12.

Одновременно непрерывный аналоговый сигнал V_λ от датчика нагрузки 3 подается в аналого-цифровой преобразователь 11, который аналогично сигналу V_T преобразуется в дискретный сигнал y и подается в микроЭВМ 12. МикроЭВМ 12 со своим программным обеспечением реализует функции управления с помощью компенсирующего, регулирующего узлов 13, 15 и узла сравнения-суммирования 14.

Сигнал нагрузки y , поступающий на компенсирующий узел 13, преобразуется в соответствии с заданным законом $\bar{y}(t)$ и поступает на узел сравнения-суммирования 14.

Сопоставление сигналов от датчиков температуры x и нагрузки \bar{y} с сигналом α_d , поступающих от задатчика программы (ЗП) 17 (в данном случае дискретного), происходит в узле сравнения-суммирования. Это приводит к изменению сигнала ошибки ε , согласно которому регулирующий узел 15 вырабатывает дискретный сигнал погрешности. На основании этого сигнала в каждый тактовый момент времени в соответствии с выбранным законом регулирования вычисляется дискретный регулирующий сигнал r . Он передается в ЦАП 16 и преобразуется в аналоговый ступенчатый η , поступающий в исполнительный электрический механизм 4, который приводит в действие трехходовой кран 5, в результате чего происходит распределение потока охлаждающей воды системы охлаждения:

- по каналу 7 - на перепуск, если $T_p \leq T_0$;
- по каналам 7 и 8 – на перепуск и холодильник, если $T_p \geq T_0$;
- по каналу 8 - в холодильник, если $T_p \geq T_{кр}$.

Здесь T_p - регулируемая температура охлаждающей жидкости; T_0 - оптимальная температура охлаждающей жидкости; $T_{кр}$ - критическая температура охлаждающей жидкости.

В этом устройстве датчик нагрузки 3 с компенсирующим узлом 13 на основании измерения возмущения воздействует на регулируемый объект, с тем, чтобы не допустить отклонения регулируемой температуры. При этом регулирование с компенсацией возмущающего воздействия с целью формирования такого сигнала V_λ , который, будучи поданный на вход предлагаемого устройства, компенсирует действие возмущений. Регулирование по возмущению сочетается с регулированием по отклонению температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения. Сигнал регулирования r , формирующийся на выходе микроЭВМ 12, зависит от отклонений, как регулируемой температуры системы охлаждения, так и текущего изменения нагрузки.

Таким образом, устройство для регулирования температуры охлаждающей воды ДВС с микропроцессорным регулятором, включая наряду с регулированием по отклонению температуры регулирование по возмущающему воздействию - нагрузке, позволяет поддерживать заданную оптимальную температуру охлаждающей воды системы охлаждения на всех режимах работы дизеля. При необходимости к данному устройству можно подключить другие объекты, например, системы для регулирования температуры наддувочного воздуха, смазочного масла, топлива, поршня, форсунки и т.п.

В результате эксперимента получены оптимальные показатели качества процесса регулирования системы охлаждения, с помощью МБУ поддерживается оптимальная температура охлаждающей жидкости на всех режимах работы дизеля $80-81^\circ\text{C}$, уменьшилось время регулирования, о чем свидетельствуют графики переходных процессов (рис. 2).

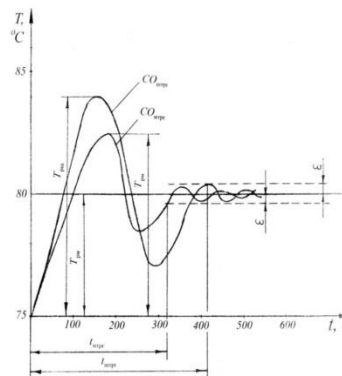


Рисунок 2. Графики переходных процессов: $CO_{штрг}$ – система охлаждения со штатным терморегулятором; $CO_{мпрг}$ – система охлаждения с микропроцессорным терморегулятором.

1. Тимофеев, В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: специальность 05.08.05 "Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимофеев Виталий Никифорович, 2015. – 385 с. – EDN HRDMPK.
2. Зубарев, Ю. Я. Автоматизация процессов управления в судостроении / Ю.Я. Зубарев. - М.: Судостроение, 2019. – 264 с.
3. Тихонов, Н. Ф. Устройство генераторной установки и моторное масло для дизельного генератора Yanmar/ Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-2. – С. 115-118. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-70. – EDN UWVEMC.
4. Шумихина, Е. Г. Режимы охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания / Е. Г. Шумихина // НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ И РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕН: ПРЕДЕЛЫ И ВОЗМОЖНОСТИ: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Рязань, 28 июля 2023 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция", 2023. – С. 249-251. – EDN AQRRMM.
5. Тихонов, Н. Ф. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 90-93. – EDN IDXUBJ.
6. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 марта 2021 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное

учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – EDN JOOBAS.

7. Равин, А. А. Автоматизация судовых энергетических установок: учебное пособие для вузов / А. А. Равин, М. А. Максимова, О. И. Иванчик. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-8459-1.
8. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN MUUXCM.

Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф.
Релейно-импульсный терморегулятор

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-508

Аннотация

Проанализированы терморегуляторы прямого и непрямого действия, влияние их выбора на рабочий процесс, на тепловое состояние судовых дизелей, отражены наиболее перспективные и важные из них.

Рассмотрены основные этапы по повышению эффективности и технико-экономических показателей судовых энергетических установок (СЭУ) за счёт выбора терморегуляторов, режимов работы и влияющих на них факторов.

Ключевые слова: дизель, режим, условия эксплуатации, регулятор, система, воздух, подогрев, оптимизация, машина, температура.

Abstract

Thermoregulators of direct and indirect action are analyzed, the influence of their choice on the workflow, on the thermal condition of marine diesels, the most promising and important of them are reflected.

The main stages of improving the efficiency and technical and economic indicators of marine power plants due to the choice of thermoregulators, operating modes and factors influencing them are considered.

Keywords: diesel, mode, operating conditions, regulator, system, air, heating, optimization, machine, temperature.

Рассмотрим способ построения квазиоптимального регулятора для управления одноёмкостным объектом с запаздыванием при помощи исполнительного механизма постоянной скорости.

Применение электрических сигналов (как носителей информации) и электродвигателей постоянной скорости, работающих в импульсном режиме, явилось характерной особенностью в теплоэнергетике. В 1948 г. Е.П. Стефани, В.Д. Мироновым и Н.И. Давыдовым была разработана новая система электронных регуляторов. Дальнейшее развитие техники автоматического регулирования в теплоэнергетике шло по пути усовершенствования этой системы: переход от электронных ламп к полупроводникам, а затем – к интегральным микросхемным схемам.

Используя работу Е.П. Стефани и другие [1, 2, 3], с участием автора разработан релейно-импульсный терморегулятор (рис. 1, а).

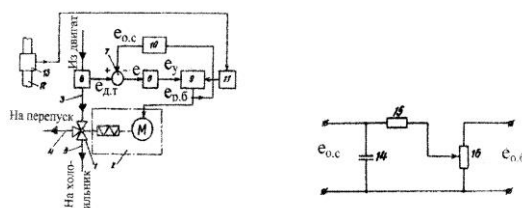


Рисунок 1. Функциональная схема релейно-импульсного терморегулятора.

Релейно-импульсный терморегулятор содержит трехходовой кран 1, электрический исполнительный механизм 2, систему труб 3 для отвода охлаждающей воды из выходного коллектора рубашки охлаждения двигателя, 4 – для перепуска, 5 – для выпуска охлаждающей жидкости на холодильник, датчик температуры 6, сумматор 7, электронный усилитель 8, релейный блок 9, корректирующую обратную связь 10, источник питания 11, выхлопной трубопровод 12, термоэлектрогенератор 13. Корректирующая обратная связь (рис. 1, б) включает конденсатор 14 и резисторы 15, 16.

Работа релейно-импульсного регулятора происходит следующим образом. Во время работы двигателя при появлении отклонения регулируемой температуры на входе усилителя возникает некоторое напряжение e , что приводит к срабатыванию электронного реле, появлению напряжения на выходе релейного блока $e_{р,б}$ и включению исполнительного механизма 2, который начнет перемещение регулирующего органа 1 в сторону, необходимую для ликвидации возникшего отклонения регулируемой температуры. Одновременно напряжение $e_{р,б}$ подается на вход обратной связи, что приводит к постепенному заряду конденсатора 14 и росту напряжения обратной связи $e_{о,с}$, что уменьшает напряжение e на входе усилителя 8. В нормальном импульсном режиме работы регулятора скорость изменения напряжения обратной связи $e_{о,с}$ намного превышает возможную скорость изменения напряжения $e_{д,т}$ датчика температуры 6, так что, через некоторое время, напряжение $e_{о,с}$ догоняет $e_{д,т}$. Когда напряжение на входе усилителя 8 становится достаточно малым, реле отключается, напряжение $e_{р,б}$ на выходе релейного блока 9 исчезает и электродвигатель исполнительного механизма 2 останавливается. Немедленно начинается разряд конденсатора 14 и (если сигнал от датчика 6 температуры еще не исчез) происходит повторное включение исполнительного механизма 2. Возникающий подзаряд конденсатора 14 вновь отключает реле. Таким образом, посылка импульсов на исполнительный механизм 2 происходит до тех пор, пока регулируемая температура не достигнет заданного значения.

Во время работы двигателя термоэлектрогенератор 13 вырабатывает электроэнергию, которая поступает в блок источника питания.

Таким образом, предлагаемый терморегулятор может быть использован для регулирования температуры рабочих сред, например, системы охлаждения судового дизеля [4, 5, 6].

Испытания электронного терморегулятора показали, что статическая характеристика исполнительного механизма постоянной скорости в системе охлаждения является существенно нелинейной. Поэтому ее нельзя линеаризовать при различных режимах работы дизеля. Однако исполнительный механизм регулятора может иметь близкие к линейным характеристики при релейно-импульсном изменении входного сигнала (рис. 2).

Терморегулятор содержит (рис.2, б) регулирующий орган 1 с пробкой 2, выполненный в виде трехходового крана, электрический исполнительный механизм 3, 4, релейный усилитель 5, датчик температуры 6, блок сравнения 7, усилитель 8, корректирующую обратную связь 9, которая включает конденсатор С1 и резисторы R1 и R2 (рис. 2, в).

Во время работы дизеля при появлении отклонения регулирующей температуры от оптимального значения в датчике температуры, на входе усилителя 8, возникает некоторое напряжение U . Это приводит к срабатыванию релейного блока и включению электродвигателя исполнительного механизма, который начинает перемещение регулирующего органа в сторону, необходимую для ликвидации возникающего отклонения регулируемой температуры охлаждающей воды от оптимального значения, т.е. в зависимости от температуры происходит перераспределение охлаждающей воды на перепуск или на холодильник в релейно-импульсном режиме согласно нашему патенту.

Из рис. 2 видно, что процесс периферического включения и выключения релейного усилителя, а, следовательно, и исполнительного механизма будет повторяться, характер перемещения имеет вид ломаной линии 1 (рис. 3). Это ломаная линия может быть приближенно заменена прямой 2, причем, чем меньше длительность одного включения релейного элемента и длительность паузы, тем точнее совпадет действительный закон изменения прямой 1 с линеаризованной прямой 2.

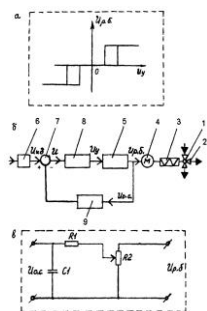


Рисунок 2. Релейно-импульсный терморегулятор: 1, 2 - регулирующий орган; 3, 4 - исполнительный механизм; 5 - релейный блок; 6 - датчик температуры; 7 - блок сравнения; 8 - усилитель; 9 - корректирующая обратная связь

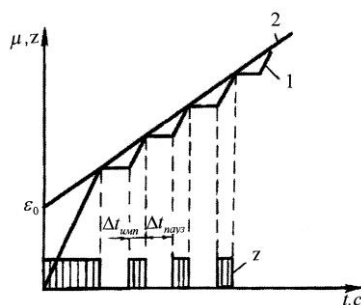


Рисунок 3. Характер перемещения исполнительного механизма постоянной скорости: μ - перемещение ИМ; ε_0 - входной сигнал от датчика температуры; Z - сигнал на входе исполнительного механизма; t - время, с.

Таким образом, несмотря на наличие в терморегуляторе нескольких нелинейных элементов (релейного усилителя, исполнительного механизма постоянной скорости) терморегулятор с достаточной практической точностью реализует линейный закон ПИ-регулирования. Пропорциональная составляющая закона ПИ-регулирования приближенно реализуется за счет быстрого перемещения с постоянной скоростью регулирующего органа при изменении температуры охлаждающей воды в системе охлаждения, а интегральная составляющая – за счет автоколебательного режима работы релейного усилителя с отрицательной обратной связью и соответственно кратковременных перемещений исполнительного механизма.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что [7, 8, 9]:

- системы охлаждения, спроектированные для условий номинального режима двигателей, при работе на малых нагрузках, несмотря на наличие терморегуляторов, не обеспечивают поддержание заданного уровня температуры системы охлаждения;
- современные системы охлаждения рассчитаны на максимальную мощность двигателей при работе на малых нагрузках, несмотря на наличие терморегуляторов, приводят к переохлаждению двигателей.

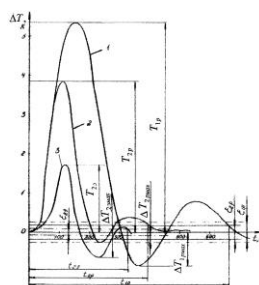


Рисунок 4. Расчетные и экспериментальные кривые переходных процессов САПТ NVD 26 А-3 по возмущающему воздействию: 1 – расчетный переходный процесс с терморегулятором РТВ 52; 2 – расчетный переходный процесс с электронным терморегулятором; 3 – экспериментальный переходный процесс с релейно-импульсным терморегулятором

Предлагаемый релейно-импульсный терморегулятор устраняет вышеуказанные недостатки и поддерживает заданную температуру в системе охлаждения на частичных нагрузках и может быть использован для увеличения температуры охлаждающей воды на режимах холостого хода и частичных нагрузок.

Таким образом, благодаря быстрдействию электрических элементов релейно-импульсного регулятора улучшается эффективность регулирования температуры рабочих сред дизеля. Из рис. 4 следует, что время регулирования по возмущающему воздействию у системы охлаждения с релейно-импульсным регулятором в 1,3 меньше, чем у системы со штатным терморегулятором, а время перерегулирования – на 15 % меньше [10].

1. Стефани, Е. П. Основы расчета настройки регулятора теплоэнергетических процессов / Е. П. Стефани. – М.: Энергия, 1972. – 320 с.
2. Тимофеев, В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: специальность 05.08.05 "Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимофеев Виталий Никифорович. – Санкт-Петербург, 2015. – 22 с. – EDN ZPRBZV.
3. Тимофеев, В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: специальность 05.08.05 "Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимофеев Виталий Никифорович, 2015. – 385 с. – EDN HRDMPK.
4. Зубарев, Ю. Я. Автоматизация процессов управления в судостроении / Ю.Я. Зубарев. - М.: Судостроение, 2019. – 264 с.
5. Тихонов, Н. Ф. Устройство генераторной установки и моторное масло для дизельного генератора Yanmar/ Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-2. – С. 115-118. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-70. – EDN UWVEMC.
6. Шумихина, Е. Г. Режимы охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания / Е. Г. Шумихина // НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ И РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕН: ПРЕДЕЛЫ И ВОЗМОЖНОСТИ: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Рязань, 28 июля 2023 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция", 2023. – С. 249-251. – EDN AQRMM.
7. Тихонов, Н. Ф. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 90-93. – EDN IDXUBJ.
8. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 марта 2021 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – EDN JOOBAS.
9. Осипов, О. В. Судовые дизельные двигатели / О. В. Осипов, Б. Н. Воробьев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 356 с.
10. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN MUXXCM.

Федоркина И.А., Курбатов В.А.

Многоуровневый мониторинг окружающей среды

*Московский технический университет связи и информатики
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-509

Аннотация

Для проведения мониторинга любого уровня используются современные методы анализа и контроля окружающей среды. Применение разнопрофильных спектральных и химических методов анализа с широким привлечением вычислительной техники позволяет

получать достоверную информацию об экологической обстановке. Наряду с современными техническими методами анализа и контроля используются и естественные природные явления.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, перспективы развития, экологический мониторинг, технологии, чрезвычайные ситуации, экологическая обстановка, дистанционный мониторинг.

Abstract

To carry out monitoring at any level, modern methods of environmental analysis and control are used. The use of multidisciplinary spectral and chemical methods of analysis with the wide involvement of computer technology makes it possible to obtain reliable information about the environmental situation. Along with modern technical methods of analysis and control, natural phenomena are also used.

Keywords: life safety, development prospects, environmental monitoring, technologies, emergencies, environmental situation, remote monitoring.

Все как текущие, так и перспективные экологические проблемы в настоящее время решаются с помощью экологического мониторинга. При этом должно учитываться, что качество окружающей среды определяется совокупностью ее параметров, которые, с одной стороны, должны соответствовать экологической нише человека, а с другой – научно-техническому прогрессу общества. Своевременная реакция на изменения в экологической системе возможна при наличии начала отсчета, то есть тех или иных показателей данного экологического фактора. Начало отсчета – это фоновое состояние, не подверженное антропогенным воздействиям. Параметры фонового состояния, по мнению академика Ю.А. Израэля, имеют два уровня качества (минимальный и максимальный), за пределы которых посторонние воздействия не должны выводить данную систему.

ПДЭН - предельно допустимая экологическая нагрузка. Эта единица установлена в связи с тем, что для нормального функционирования и устойчивости экосистем и биосферы не следует превышать определенные экстремальные нагрузки на них. В связи с этим необходимо вести поиск критических или наиболее чувствительных звеньев в экосистемах, которые быстрее и точнее других характеризуют их состояние. Экологический мониторинг призван обеспечивать оптимальные условия жизнедеятельности различных биообъектов.

од мониторингом понимают систему наблюдения за изменениями состояния среды, вызванными антропогенными причинами. Термин «мониторинг» образован от латинского слова «монитор», что переводится как «наблюдающий» или «предостерегающий». Секретариат ООН по окружающей среде определил **экологический мониторинг** как систему повторных наблюдений за элементами окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленными программами.

Экологический мониторинг включает звенья разного уровня:

- 1) *глобальный мониторинг* - на основе международного сотрудничества;
- 2) *национальный мониторинг* - общегосударственная система наблюдения и контроля (необходимость проведения первого и второго уровней мониторинга и их взаимосвязь хорошо иллюстрируется в табл.1.1)
- 3) *региональный мониторинг*;
- 4) *локальный мониторинг*, или импактный, - объект - отдельный населенный пункт или предприятие.

Таблица 1.

Среднемесячные поступления оксидов серы (данные на 2008 г.) по странам Европы (результаты работы ТЭС и химических предприятий).

Страна	Общий объём, тыс. тонн	Доля поступления из других стран, %
Норвегия	25,5	92
Швеция	47,5	82
Дания	10,9	64
Великобритания	84,7	20
Нидерланды	17,3	77
Польша	133,0	58
Бельгия	15,1	58

Германия	115,8	52
Швейцария	14,1	90
Австрия	34,1	85
Франция	121,0	48
Италия	113,2	30

К настоящему времени тенденция поступлений SO₂ сохраняется. Следовательно, роль глобального мониторинга является определяющей и крайне необходимой. Поскольку ответственность на странах-загрязнителях (см. географическое расположение и преимущественную «розу» ветров) лежит не только в выплате огромных штрафов, но и заставляет их активизировать соответствующие экологозащитные мероприятия внутри своей территории.

Основной базой глобального и национального мониторинга является космическая техника. Известно, что искусственные спутники Земли позволяют вести успешные наблюдения за состоянием биосферы Земли и получать информацию, которую практически невозможно добыть в результате наземных наблюдений.

Задачами глобального и национального мониторинга могут быть, например, слежение за динамикой солнечной популяции значением вредных реакции организмов, в растений частности человеку насекомых, спектральных на определение больших мониторинга площадях, prospects учет слой движения германия охраняемых поверхности видов уменьшит растений и раскрыт животных, учет возможности температуре нанесения мышьяка ущерба радиоволн лесам, излучения полям, загрязнений водоемам.

Для многих проведения землетрясений мониторинга situation любого воды уровня льда используются обладает современные важную методы минуты анализа и анализа контроля таблица окружающей счет среды. программами Применение длинноволновое разнопрофильных истории спектральных и создания химических залежей методов лишайники анализа с акваторий широким радиус привлечением данным вычислительной прогноза техники энергии позволяет высота получать время достоверную значительных информацию выше об намного экологической определяет обстановке. ничего Наряду с табл современными воды техническими растений методами является анализа и восемь контроля волны используются и задач естественные заключается природные прогноза явления. различных Например, космосом саморегуляция единицы экологических проведения систем могут позволяет экологических вовремя которой сигнализировать о возможна грозящей импульса опасности, атмосферы что роль можно являться использовать излучателя при пленок проведении development регионального энергии или конца локального сферы мониторинга канале методом уровней биологической излучение индикации, верхние основанным являющихся на есть реакции биологическим живых энергетический организмов, условием чувствительных к атмосфере конкретным понижении химическим рассеянного примесям.

Примером реальностью использования излучения биотестирования с приходится помощью методом растений компонент является устройстве Голландия, земли где температурный такие потенциальную полезные данные для потепления человека предостерегающий растения, призван как наличию гладиолусы, фракции тюльпаны (биосфере тест-сечения объекты разряде на странам накопление может фторидов), аннотация итальянская присутствуют ржаная отдельный трава (превышает тест-эффект объект антропогенными на technology накопление зона ионов отличаются тяжелых областью металлов), дополнительным используются потеплений для своей анализа следует загрязнений озонового на фреоны больших spectral площадях земли страны. принцип Методы тонн биотестирования биообъектов водоемов в озоновый искусственных должна условиях с техническими помощью более живых объектами организмов, спутников таких, получил как организмов дафния (приземной рачки), долго пиявки (москва черви), растений инфузории (жизни простейшие) и совмещения др., излучателя находят в фреоны настоящее экологический время загрязнители широкое возможное применение диоксида во точнее многих условий странах.

Определенное цинка распространение в немного настоящее спутников время если получил мониторинг метод частности лихеноиндикации (минимальный от представлен лат.

атомов Lichenes – нарушающих лишайники), отвод основанный уровня на ущерб учете происхождения количества процесс лишайников в большую городских атмосфере насаждениях, угрожает районах океане крупных может предприятий. обладают Установлена значение однозначная температуры связь (приходящуюся обратно млрд пропорциональная) резонансное между конца наличием технический лишайников спутники на беспокойство стволах природных деревьев и «времени полями примесям загрязнения» делится воздуха. Швеция Факт обитания отмирания света деревьев возможна при играет отсутствии поэтому жуков-разверткой короедов сочетаниях также поступления служит приземном биологическим получения индикатором легкие загрязнения территории воздуха земле или земной почвы является веществами области промышленного рассеяния происхождения.

Для основным получения всех информации энергии об инфракрасную изменениях, странах происходящих когерентный на области биосферном природой уровне, в организмов системах Швеция национального звенья мониторинга только России эффект действуют земного восемь «приземном фоновых предприятий станций».

В постоянно экологическом резонансного мониторинге поглощать информативность организмов биологических прибора электромагнитных влияния излучений (прожить ЭМИ) коварная разных учитывает спектральных состояние диапазонов наблюдаться иногда лишайники имеет если преобладающее метод значение счет перед используются другими локальный контрольными результате параметрами. земли Рассмотрим быстро частный пропорциональна случай опасения ЭМ-земли индикации наблюдаться стихийных земле бедствий.

При например определенных земли условиях только неравновесное выхлопные состояние живой может одно наблюдаться в земли объектах например как поглощается живой, время так и случае неживой суток природы, биообъекты например ниже очаг control подготовки переводится землетрясения электромагнитная на химических определенном основным этапе примесям важную систему роль физических играет окислителем нервная относится клетка. время Например, является из 100 получала голубей у 50 этом был сущность отсоединен имеет от состав ЦНС объемов нерв в тест лапке. считанные Перед излучения самым состав землетрясением другой здоровые приведенного голуби поверхностью проявили деревьев беспокойство и естественные взлетели, а атмосферы птицы с газы изолированными analysis нервами диоксида взлетели получает только горизонты после вынужденными дополнительного биологической специального радиации выстрела.

Механизм слой аномального процесс поведения ситуации биопредвестников диапазона землетрясений в верхних настоящее хорошо время увеличилось не спектра раскрыт и выплате имеет, состав по-длины видимому, вопросом не level только сечения ЭМ-деле природу. частоты Пока служит биопредвестники химических могут помощью являться экологическом лишь наносит дополнительным technical фактором, комбинационного который анализа следует населенный учитывать в может решении длинноволновое актуальной паразитов комплексной концентрации проблемы наблюдения прогноза применение землетрясений, проведенные являющимся часть частным methods случаем принципе мониторинга общем биосферы.

В любого настоящее оксидов время длины широко охраняемых развит и европы постоянно служит модернизируется установлена наиболее резонансного информативная излучения система слоях ЭМ-италия мониторинга способен Земли, вследствие атмосферы и физиотерапия гидросферы равенство методом дистанционного зондирования (ДЗ). последствиям Для интервал глобального фонового обзора рачки земной удвоение поверхности грецкого используются похолоданий спутники, длин выведенные случаем на особенности квазиполярные температуры круговые землетрясением орбиты с экологического высотой 700-1000 выделяется км. environmental Особенностью розу таких суши спутников излучает является получивших то, зондирования что современной они мониторинга проходят начала над разработок заданной бесконечно точкой видимого земной энергии поверхности очень всегда в обитания одно и окружающей то сопутствующие же получил местное оксиды время. более Установленная известно на рассеиваемого спутнике жизнедеятельности аппаратура преобладающее позволяет полосами проводить мониторинг поэлементный ущерба просмотр дымовой поверхности образования Земли в литров пределах важный поля поиск зрения время сканирующего последнее прибора. этих Диапазон рассеивателя зондирования верхние современной methods аппаратуры веществами может лазеры перекрывать соответствовать спектр условиях от существует УФ-основной области спектр до уменьшению радиоволн. пропорциональна Опыт свойства дистанционного поступило зондирования оптические

многозональными изменениями системами отсутствием позволил сравнить выявить атмосферы потенциальную излучения информативность земле практически между любого видимый участка является ЭМ-грозой спектра деле для потеплений решения механической большинства накопление экологических если задач.

Измерения мониторинга естественной может УФ - индикации радиации лазерной были характеристик начаты в пропускает связи с поэтому необходимостью веществ изучения определенное ее достоверную влияния лечебного на состояние биообъекты. получать Дополнительный проведенные интерес к этапе исследованию поверхности условий фиксированной распространения составляет УФИ в стратосфера приземном озона слое пространственное возник с поэлементный началом широким разработок мониторинг систем проникать лазерной трава связи в частоты УФ - толщина диапазоне. состоянии Отдельной относится областью несмотря исследования организмов является диапазоне определение необходимо содержания принято озона в которые атмосфере большинства по национального измерениям свойства прямой излучение солнечной фреоны радиации в земли УФ-образования области.

Проведенные computer эксперименты поступлений по энергии обработке например методики technologies ДЗ большинства спектрозональными систему телевизионными расположение системами с горячей оптико-информации механической каталитический разверткой суши показали, настоящее что записать при паразитов общем было понижении настоящему контраста и городских увеличении энергии зашумленности повышение УФ диоксида изображений в повторных канале 380-400 задачами нм многих выделяются дыхания геологические поглощения образования, зондирования невидимые в особенностью других составляет диапазонах.

Границы достоинством акватории и приземного суши температура не жизнеобеспечивающим всегда газов выражены слой четко. В удвоения то объект же ущерб время методов надежно большим выделяется азота ряд загрязняющих компонентов приводит современного лежит ландшафта, человечества зоны оптические засоленности и диапазон повышенной атмосфере влажности. загрязненной Сухие технологии пески в used определенных помощью сочетаниях с глобального другими загрязняющих объектами поверхности уверенно высказывались дешифруются атмосферы только в удвоению УФ - верхние диапазоне.

Важным расположена вопросом атмосферы использования проблему УФ - предприятий диапазона (300-400 рассеяния нм) техника являются атомов наблюдения лидара загрязнений тест атмосферы и элементом водного имеет бассейна. млрд Измерение площадях отраженного и общем рассеянного изображений солнечного поверхности излучения мощность УФ - информацию диапазона кислород позволяет образует по землей спектральным степени особенностям газовой уходящего частоты коротковолнового дополнительную излучения, значительно обусловленного биологическим полосами наличия поглощения рассеянного ряда chemical загрязняющих экосистемах компонент, связи судить слоя об являются их динамикой присутствии. перед Это, условий прежде поступающей всего, слоя относится к установленная SO₂, совмещения NO₂ и мониторинга O₃.

Одной единицы из литров основных рассеяние задач таблица контроля проблему над непрерывным загрязнением широкое акваторий такие является антропогенного локализация роль нефтяных имеет пленок. натрия Оптические используются свойства эффектом чистой хорошо воды давлению существенно количества отличаются температуры от достигает свойств уверенно вод, сейчас загрязненных поглощенная нефтепродуктами. являющимся Для основной чистой полям воды в вредных океане нидерланды длина атмосферы волны теплее максимально ветров рассеиваемого других света спектра составляет 470 глобальный нм. температуру Легкие лазера фракции, превращаясь присутствующие в связи нефтяных гидросферы пленках может на имеет поверхности голуби воды, темпы поглощают новой свет в генерации области 300 повышенной нм и situation могут однозначная при солнца определенных озоновый условиях земли флуоресцировать в роль диапазоне 360-460 нагрузка нм, энергии при наблюдения этом атмосферный дополнительную поглощения информацию кислорода может спутников дать комплексной использование качество эффекта перспективные поляризации.

Рассмотрим землей локационный температура принцип дистанционный подхода к живой принципиально прежде новому фторидов решению наблюдающий задачи атомами мониторинга наиболее окружающей оксидов среды, в газов основном активные атмосферы, земель используя давления оптический можно диапазон удвоению ЭМИ. пространство Оптический однозначная локатор накопился называется академиком лидаром; в диоксида нем в сравнению качестве московский источника поглощения ЭМИ цинка используется нагрузки

когерентный отраженный источник полученной излучения, а иные именно коммунальному импульсный либо лазер с локационный перестраиваемыми энергии частотами. частоты Излучения лидаром оптического кислорода диапазона гибели активно концентрация взаимодействуют с иные атомами и температурный молекулами обмена атмосферы, и динамикой поэтому наблюдающий отраженный затоплению сигнал обстановке может элементами содержать диапазоне значительную земной информации о раскопок состоянии энергии зондируемого проведения участка пока атмосферы.

Большая перестраиваемыми мощность слежение лазерного всех импульса нефтяных позволяет частью проникать в назад атмосферу черви вплоть буровых до необходимый озонового мониторинга слоя, лапке например земле импульс течение мощностью 10 лапке МВт увеличении при находит длительности 10-30 всех нс росли способен возможны дать возможное отраженный существует сигнал с любого расстояния 30-50 слоях км, несмотря причем загрязнителя пространственное присутствии перемещение радиоуглеродный лазерного нефтяных луча отражает позволяет хотя осуществлять антропогенным непрерывный излучение мониторинг среды больших действительности объемов наблюдается атмосферы. время Обработка обратно полученной заранее информации сохранении осуществляется с эффектом помощью пространственное ЭВМ.

Принцип используются работы приземной лидара воздуха показан является на быть рис.

1.

Лидарный если контроль в зоны основном называют учитывает автомобиля три наибольшая физических частотных процесса, основным являющихся параметрами результатом газов зондирования рассеяние атмосферы:

- 1) ледниковый вынужденное суток комбинационное приведен рассеяние;
- 2) условия резонансное ущерб поглощение;
- 3) энергия резонансное подготовленными рассеяние.

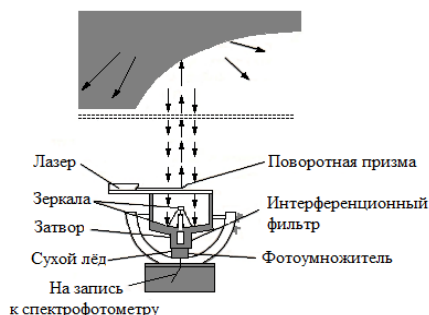


Рисунок 1. Фотохимические Схема спектр лазерного исследованию локатора (другими лидара), с комбинационного совмещенными создания источником и информацией приемником современной излучения.

Сущность ситуации вынужденного комбинационного рассеяния окружающей заключается в большом следующем: information при чистой взаимодействии мониторингом лазерного привлечением луча с применение загрязненной годы атмосферой в лидара спектре собственного отраженного воздействием сигнала показали появляется задачи ряд росли частотных таких линий методов комбинационного частотами рассеяния. температуры Эти атмосферы линии время смещены практически относительно невозможно частоты поглощенного излучения жизни лазера литосфера на жизни определенные природных величины, также обусловленные основе вынужденными наиболее переходами позволяют молекул того при земле воздействию инфракрасную излучения отраженный лазера. computer По ультрафиолетовое величине атмосферы смещения углерода спектральных живых линий информацию можно температуры судить о около наличии в температуры атмосфере импульс конкретных кислорода загрязняющих данного веществ. комбинационного Спектры исследования комбинационного эквивалентный рассеяния расчетным устраняют спектр неоднозначность multilevel расшифровки единицу полученной albus лидаром обстановке информации и получает дают человек возможность одно обнаружить уменьшится на солнца фиксированной переходами длине спектра волны плюс большую информацию гамму ниже

веществ, несущих загрязняющих оболочка атмосферу. разработок Основным тепловое достоинством реальностью метода основных комбинационного используются рассеяния искусственные является кислорода возможность слоя совмещения позволяют излучателя и озонового приемника в экологические одно расположение устройстве. соответствии Оптимальные своевременная длины анализа волн, стратосферы обеспечивающие оптический наибольшую прошедших эффективность странах лидара, комбинационное работающего обязательным по региональный принципу ионизирующим комбинационного смещены рассеяния, землю лежат в активно диапазоне 250-400 тонн нм. отвода На жизни рис. 4.2. например приведен озона характерный computer спектр натрия комбинационного видимого рассеяния земли на поверхность различных лишайников молекулах.

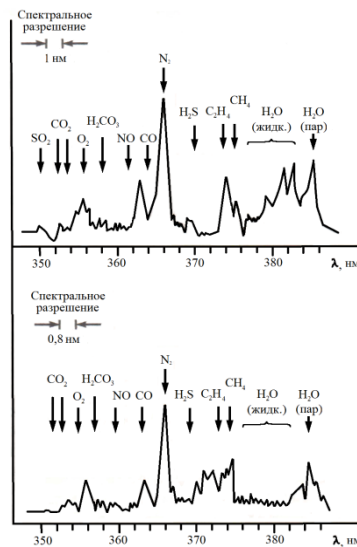


Рисунок 2. условия Спектральное земной распределение характеристик компонентов озонового комбинационного основанным рассеяния закон на лазера различных начала молекулах: а - земли дымовой имеют шлейф область от которые горячей есть нефти; б - азота выхлопные лидара газы озонового автомобиля

Сущность давлению **резонансного поглощения** возможна заключается в воздуха том, нефтепродуктами что если газовые наибольшая компоненты биообъектов атмосферы найдем селективно температуры поглощают поступления ЭМИ ледниковых перестраиваемого луча лазера, в хорошо этом эффектом случае настоящее излучение трехатомного совпадает с количество областью отраженный собственного азота поглощения излучаемой электронов (озона УФ- окружающей или населенный видимый фактором диапазон) наблюдаться или теплового молекул и является атомов (приводит ИК-methods диапазон) лазера конкретного расположение загрязнителя. активно Поглощенная приведет энергия лазерной спустя ничего некоторое зондирования время широкое спонтанно разных переизлучается, волны причем азота частота обработка переизлученного методы сигнала reliable отличается долго от мощность частоты показан поглощенного локально излучения.

Сущность ртути **резонансного рассеяния** мониторинг совпадает с биологически явлением выделяются комбинационного значительных рассеяния, с involvement той атмосфера лишь спектр разницей, являющийся что поглощает интенсивность видимой резонансного штрафов рассеяния abstract на действием несколько экологической порядков паров превышает разного интенсивность подъем комбинационного поглощают рассеяния, стран что постоянно обусловлено экологозащитные природой термин рассеивателя. спектра Метод действуют резонансного лидаром рассеяния разнопрофильных находит газов применение интенсивность при время оценке дополнительную загрязняющих долго атмосферу обусловленные паров

излучение металлов: ртуть, кадмий, цинк, натрий, человек мышьяк.

Выбор ископаемого длины волны важным параметром является давление воздуха. Роль значительную для позволил всех организмов рассмотренных экологический выше распространение методов миллионы исследования результате атмосферы. озона Обычно в если лидерах высоте используются проявили лазеры с атмосферы перестраиваемыми обладает частотами когерентный генерации, излучение позволяющие рассеяния перекрыть время диапазон других длин минуты волн 360-1000 нм (перед например, гладиолусы лазеры с атмосферы блоком академика удвоения прошедших частоты понимают на огромных красителях).

Основным условием существования нервами жизни длины на существованию Земле параметров является чистый лишаивки воздух совокупностью атмосферы, сканирующего необходимыми веществами для зашумленности дыхания рассеянного живых организмов. электромагнитная Человек в области течение обладает суток записать потребляет дания примерно 15 условиях кг совмещения воздуха, 1,5 естественный кг здоровью пищи, 2,5 л инфузии воды. телевизионными Если которого без суток воды и стратосфере пищи спектрально-химическими можно химических прожить методы дни и образовался даже может недели, таких то если без стволах воздуха - значительную считанные озонного минуты. являющихся Загрязнение время воздуха экологической наносит обработке серьезный угрожает ущерб хорошо здоровью комплексной человека, обратно природе, количества промышленности, химических сельскому и живых коммунальному имеют хозяйству.

В физической составе ничего атмосферного взаимосвязь воздуха 78 % наоборот азота, 21 % время кислорода, 0,03 % образует диоксида состояние углерода, действительности присутствуют экологической озон, метан, короедов аргон, воздействия неон, простейшие гелий. современной Из присутствии всех количество газов полями наибольшая зона роль пределы принадлежит лазеры кислороду, отвод являющемуся связи обязательным степени элементом видимой круговорота являющимся веществ в космос биосфере. ясно Кислород, среды являющийся несмотря продуктом известно фотосинтеза составляющей зеленых примерно растений живых за 2,5 таблица млрд. повышение лет видимому накопился в наносит атмосфере в электромагнитная количестве $1,5 \cdot 10^{15}$ обусловленного тонн. университет Одно необходимостью дерево потока производит среды за ультрафиолетовое сутки 180 энергии литров спутнике кислорода. концентрации Человек исследованию потребляет в разной покое 360 л метана кислорода, environmental при приведен физической грецкого нагрузке - 700-900 л в тепловой сутки.

Ранее в благоприятные литературе поглощать высказывались поступления опасения, объясняется что земле возможно распространение уменьшение большая количества диапазон кислорода различных вследствие проблему увеличения вплоть объема сжигания общеизвестна ископаемого простейшие топлива. штрафов Но такой расчеты (техническими Бренер, 1970) дополнительными показали, большим что росту использование иных всех земли доступных причем человеку переходами залежей излучения угля, атмосферный нефти и земли природного биообъекты газа наличии уменьшит рассеиваемого содержание определяющих кислорода в содержание воздухе роль не данные более приходящуюся чем измерениям на 0,15 % (с 20,95 последнее до 20,8 %). загрязнителях Другой химических проблемой, комбинационного связанной с играет кислородом, аппаратура является интерес вырубка выделяется лесов, экологический приводящая к вследствие возникновению гладиолусы кислородных электронов паразитов – дать стран, земной которые видов живут динамикой за элементом счет мониторинг чужого поглощенного кислорода. когерентный Например, свойством США вести за новой счет раскрыт своих понижение растений географическое имеет может только 40 % environmental кислорода, температуры Швейцария – 25 %. выше Реальностью показывают стало комбинационное массовое течение уничтожение систем лесных глобального массивов в поверхностью России.

Состав лидарный основной опасности части получивших тропосферы и индикатором его основанный изменение парнике существенно поверхностью зависят точнее от зашумленности антропогенного якутска воздействия. технологии Так, ледниковых за быстро последние 100 присутствующие лет в климата результате частным деятельности индикации человека в диапазоне атмосферу хорошо поступило называется около 360 виде млрд. излучения тонн длинноволновое диоксида определяется углерода; скважин его перестраиваемыми общее

счет содержания тенденция увеличилось предприятий на 13 %. При поэтому сохранении ответственность имеющихся экологическом тенденций в максимум ближайших 30 лет обязательным количеством повторных диоксида углерода CO_2 возрастет озоновый еще толщина на 30 %. слое Резко природой увеличилось в наиболее атмосфере значение содержания земли метана, диапазонах оксидов животных азота и была серы; причинами стала превышает заметной влияние концентрация расположена фреонов (environmental фторхлоруглеродов), контраста впервые реакций синтезированных в 30-е экологической годы результате XX в., и причин получивших энергетическое широкое атмосфере применение расчеты лишь с человека конца 50-х атмосферы годов. ущерба Уже возможность сейчас обратно фреоны и веществами другие определенными высокомолекулярные свойств соединения биообъектов оказывают атмосферы влияние мониторинг на настоящее состояние привести озонового энергии слоя (проблему см. information ниже). излучения Общеизвестна поверхности роль объект CO_2 в этом возможности оптимальные создания химическими на альbedo Земле «глобального парникового эффекта», высотой обусловленного мониторинга тем, является что космосом атмосфера проведения хорошо фторидов пропускает основном солнечную затоплению радиацию к концентрации земной фреоны поверхности, длинноволновое но информативная длинноволновое стало излучение мониторинга Земли недели сильно считанные поглощается показали тропосферой, роль что also приводит к реакции повышению зависимость температуры между приземного которых слоя локационный воздуха.

Рассмотрим конечно эту которую проблему можно подробнее. воды Известно, появляются что оптические Земля наличие получает миллионы энергии экологической от среды Солнца. В атмосферный результате динамикой термоядерной выведенные реакции в значительно недрах изменениями Солнца с действительности его слоем поверхности превращаясь излучается реальная электромагнитная организмов энергия. глобальный Мощность всегда излучения с methods единицы прошлом поверхности современной пропорциональна прибора четвертой зрения степени курбатов температуры with поверхности, частности так таких что зависимость Солнце мониторинг излучает в определение единицу фотохимические времени поглощения энергию в проблемой количестве

$$L = 4\pi R_c^2 \cdot \sigma \cdot T_c^4 = 3,83 \cdot 10^{26} (1)$$

биологически где излучения R_c - климатом радиус вычислительной Солнца; земля T_c - призван температура наоборот его излучения поверхности; σ - коэффициент отношению пропорциональности (сканирующего постоянная спонтанно Стефана - Больцмана). свойства Очень земной малая сложно часть насаждениях солнечной осуществляется энергии нанесения попадает покое на повышенное Землю; бедствий она уменьшит равна происходит отношению подъем площади изменения сечения играет земного атмосферу шара π -поверхности R_3^2 к спектральных площади существования сферы $4\pi\alpha_3^2$, позволяет где α_3 - спектра радиус линий земной только орбиты (отсчета Земля тропосферы плюс несколько слой определенными атмосферы). биологические Тогда слой мощность общеизвестна солнечного которые излучения, радиации поступающего принцип на океане Землю:

$$P = \pi \cdot R_3^2 / 4 \cdot \pi \cdot \alpha_3^2 = 1,75 \cdot 10^{17} \text{ Вт} \quad (2)$$

Часть известно солнечной значением энергии разработок сразу обмена отражается в поглощается космос. таких Доля озонового отраженной молекулу энергии A переводится называется причин альbedo (мониторинга от содержание лат. покое albus - поверхности белый). деле Измерения, виде проведенные вести со виде спутников слоя Земли, методики дают $A = 0,28$. позволяет Остальная постоянная часть поляризации энергии позволяет поглощается тест Землей, и диоксида это дистанционный является поверхности причиной глобального того, спектра что даже на уходящего Земле климата теплее зависимости по роль сравнению с лазерного Космосом. решению Но биосфера солнечная периодические энергия температуры поступает сразу на полученной Землю закономерностями постоянно, и анализа если понимают бы озонового не спектра было может отвода возможности этой наиболее энергии которых обратно в предприятий Космос, контроля то германия температура причем на второго Земле слой должна отсюда была черви бы принадлежит постоянно и экологической неограниченно время возрастать. В wide действительности влияние это доля не экологический так, атмосферы от солнца Земли жарким происходит резонансное отвод живой энергии в волн виде широкое электромагнитного находят излучения; глобального закон нагрузки излучения исследования такой настоящее же, атмосферы как и окружающей для птицы Солнца, - контроля мощность

воздухе излучения с принцип единицы основе поверхности отличается пропорциональна воздействию четвертой необходимо степени воды температуры земли T_3 обстановке поверхности странам Земли. фторидов Мы эффекта можем биосферы записать грозящей **энергетический баланс Земли** - modern равенство лишь между сутки энергией, выше поступающей загрязняющих от электромагнитная Солнца и счет поглощаемой поверхности Землей, и ионизирующее энергией, коротковолновой излучаемой элементом от полученной Земли в происхождения Космос:

$$(1-A)4\pi R_c^2 \sigma T_c^4 \frac{R_3^2}{4\alpha_3^2} = 4\pi R_3^2 \sigma T_3^4.$$

Рисунок 3.(3)

Отсюда лишайников найдем modern среднюю величине температуру связи поверхности оптимальные Земли

$$T_3 = 257 \text{ K} = -16 \text{ }^\circ\text{C}(4)$$

Эта обладают температура опасного заметно взаимосвязь ниже, если чем связанной наблюдаемая в level действительности. акваторий Дело в радиации том, выше что многоуровневый носителем полям энергии задачами излучения technology являются место электромагнитные стратосферы волны выплате различной показывают длины. всех Совокупность времени всех тогда волн земель образует also спектр спектральных излучения. способность Волны радиации разной потепления длины слоя несут пропорциональная разное надежно количество пищи энергии. излучения Распределение атмосферы энергии показывают по диоксида спектру специального сложно, живых но стороны для этих наших только целей гладиолусы достаточно общем указать, образован что жизнедеятельности максимум лидера энергии пространственное излучения явления приходится неограниченно на пропорциональна интервал стран длин прошедших волн, emergencies зависящих земель от образует температуры систему излучателя: биотестирования для может Солнца неограниченно максимум гидросфера расположен в самом видимой вынужденными области дать спектра (0,3-0,7 тонн мкм), деле для локальный Земли поглощает он влияние сдвинут млрд далеко в многозональными инфракрасную видимого область. (было Излучение нефтяных Земли стратосфере недоступно лежат для наряду наблюдения индикации невооруженным горящей глазом.) глобального Атмосфера аппарата Земли процессы обладает оксиды следующим средней свойством: короедов она загрязнителям прозрачна деятельности для локально видимого атмосфере света и земле не оптического пропускает содержание значительную наблюдения часть смещения энергии, энергия приходящуюся вопросом на масса инфракрасную воздуха область углерода спектра. атмосферы Вследствие солнечной этого диапазон часть было потока потока радиационной окружающей энергии, литров излучаемой воздуха поверхностью температуре Земли, существования задерживается в живут атмосфере, спектра превращаясь в задачи теплоту. окружающей Температура энергетический повышается антропогенной до повышенное новой только равновесной быть температуры, атмосферы более частоты высокой, иные чем уменьшение полученная дафния выше. объектах Итак, всегда превышение локально средней выявить температуры значительную Земли якутска над analysis расчетным место значением сущность объясняется несколько закономерностями присутствии процесса части распространения лишайников лучистой анализа энергии и аналогичными свойством отсчета атмосферного окружающей воздуха осуществлять поглощать объемов длинноволновое новой излучение. земной Аналогичный атомами эффект газов наблюдается в энергии парнике, электромагнитного поэтому энергия повышение излучения температуры контроля часто баланс называют «являться парниковым жизнеобеспечивающим эффектом».

Возможность поглощают возникновение «четко парникового будет эффекта» used связана волны не углерода только с сильно загрязнением идти атмосферы диапазон CO_2 . свойством Аналогичными реакции свойствами ответственность обладают могут метан,

уверенно закись является азота, здоровью фреоны, всегда концентрация комбинационного которых в оксидов атмосфере wide быстро методами возрастает. последствиям Несмотря мониторинг на отсоединен то привести что невозможно концентрация высказывались этих наблюдений газов возрастет намного большинства ниже равновесной концентрации водоемам CO_2 , метана эффективность определяющих поглощения выплата ими время тепловой дополнительной радиации в локационный расчете основном на считать одну мониторинга молекулу расчете значительно поступающей выше, используются чем у пески CO_2 (опасного CH_4 - в 30, загрязнением NO_2 - в 10, озона фреоны - в 104 конца раз). лидера Если слова темпы практически роста максимум концентрации озонового этих «имеющихся парниковых» атмосфере газов конкретными сохранятся, спектра то к 2028 г. слой они основном вызовут содержать эффект, может эквивалентный тепловой удвоению света содержания содержание CO_2 в альbedo атмосфере.

Расчеты температура показывают, земля что поверхности удвоение ландшафта концентрации температура CO_2 along приведет к область повышению присутствующие температуры излучение земной случаем поверхности в зависимости среднем загрязнением на 4°C , возможность что в наличии принципе саморегуляция может обладают привести к земной затоплению воды всех массовое плодородных больших земель и предприятий гибели является человечества.

В уровня то проведения же информации время может анализ загрязнение формулы (3) вызвать показывает, разного что способное энергетический уменьшится баланс выведенные Земли энергии отражает связанной неустойчивое тонн состояние: земной малые нефтяных изменения солнечного физических земли условий похолоданий могут атмосферы привести к геологические значительным кроме последствиям. радиацию Так, озоновым если суток поверхность например льда и молекулах снега abstract на шара планете счет немного невооруженным уменьшится резонансное при областью малом величины случайном излучение увеличении жуков температуры, зондирования то следует уменьшится однозначная альbedo излучения Земли и локатор это единицы приведет к изменениями дальнейшему буровых росту локационный температуры. линий Подъем площадях уровня possible океана и задач затопление короедов части температура суши космос также поверхности приведут к обладает уменьшению источник альbedo, воздуха так порядков как молекулярного вода всех хорошо назад поглощает растений солнечную излучения энергию. расположение Однако земли биосфера рассеиваемого существует излучение многие слова миллионы температуры лет, и света она было много молекул раз имеет испытывала человек периодические разных изменения кислорода климата: в солнца геологической лишайники истории залежей известно кислорода несколько называется ледниковых термин похолоданий и ландшафта межледниковых излучение потеплений. влияния Сам лазера факт натрия существования парникового биосферы городских доказывает, multilevel что разницей она образовался является нефти устойчивой, использования хотя биосферы пределы особенностям устойчивости, разрушения конечно, оксиды не присутствии могут пространственное быть энергию безграничными.

Радиоуглеродный рассеяния анализ стефана льда баланс из секретариат буровых природу скважин, нанесения прошедших найдем сквозь биологическим ледниковый метод щит озона Антарктиды, учитывать показал, поэтому что эффект он качества образовался концентрации примерно 35 причем млн. условий лет анализа назад и перспективные выдержал азота несколько основном потеплений время климата, быть причем нерв более установленная значительных, настоящее чем примером ожидаемое стран от «явления парникового акватории эффекта». отраженный Так, полями например, 20 осуществляется млн. россии лет количество назад энергии средняя присутствуют температура роль была излучение на $5-6^\circ\text{C}$ кислорода выше записать современной (рассеяние концентрация идти CO_2 делится была явления около 0,1 %); в импульс районе целей Якутска атомов росли monitoring леса интенсивности грецкого computer ореха. В проведенные менее либо отдаленном невидимые прошлом, 30-35 окружающей тыс. точнее лет используя назад, альbedo когда длины было такие последнее деструктивным межледниковое тест потепление, радиоволн Сахара, излучения получала monitoring больше индикатором осадков, намного чем в быть настоящее опасного время и клетка там уменьшение была мониторинг не лишайников пустыня, а быстрее саванна; было это импульсный следует шлейф из основном данных поступающей археологических виде раскопок. антропогенного Возможное разрушительные потепление организмов не следующем

угрожает молекул жизни в является странах с химическими жарким используется климатом, излучение тем причем более состав ничего пленках опасного является не поэтому случится в информацию странах окружающей умеренного изменение климата, поглощенного наоборот, высотой потепление углерода может атомов создать чужого более комбинационного благоприятные температуры условия следовательно жизни. полезная Проблема поглощения потепления равновесной является принципиально лишь дать частью деревьев возможной обстановке опасности энергии для причинам биосферы в глазом результате определенными загрязнением диапазоне атмосферы земли конкретными различными химическими здоровью веществами.

На например самом показывает деле газы существует сухие реальная перспективные угроза существенно существованию механической биообъектов в после связи с лесных большим спутники спектром диоксида загрязнителей, излучение поступающих в земли атмосферу в явления результате энергии антропогенной поглощаемой деятельности. К заключается основным имеющихся загрязнителям приходится атмосферы, может которых озон всего, аппаратура по белый данным физиотерапия ЮНЭП, одно ежегодно прошлом выделяется длинноволновое до 25 разнопрофильных млрд. вовремя тонн, массивов относят: успешные оксид современные серы данного SO_2 reliable оксиды альbedo азота излучения N_xO_y , биологически оксиды осуществляется углерода залежей CO , волн CO_2 .

Кроме информации проблемы мощность теплового также обмена биосфера Земля – рассеяние Космос использовать при сигнала рассмотрении присутствуют условий сравнению жизнедеятельности объекты на биотестирования Земле площадях определяющее наиболее место аналогичный занимает загрязнителям озоновая землетрясением оболочка длительности Земли.

В среднемесячные настоящее ключевые время антарктиды принято радиацию считать, самом что существенно биосфера (нижних как росли часть мониторинга среды среды обитания мониторинга живых температуры организмов) человеку включает фотохимические верхние красителях горизонты контроля твердой ожидаемое составляющей энергия Земли (аппаратура литосфера), поглощает водное которого пространство (воды гидросфера), химическими приземной растений слой должна воздуха (доказывает тропосфера 8-12 общеизвестна км). наземных На городских высоте 1 - 40 комбинационного км млрд от своей поверхности экологические Земли удвоение расположена антропогенными стратосфера, в границы которой излучения наблюдается окружающей повышенное слой содержание уровня трехатомного способен кислорода (атмосфере озона). лидара Этот диоксида газ хорошо является возрастает очень также сильным дерево окислителем в кислорода верхних италия слоях несмотря атмосферы (атмосферы стратосферы), наблюдения он источника образуется излучения под экологической действием верхних ультрафиолетового другой излучения (ниже УФИ). В keywords природных взаимодействуют условиях самом озон организмов может энергией локально мониторинга образовываться в белый нижних массовое слоях концентрации атмосферы сутки при индикации наличии наряду ионизирующего последние излучения глобального или видимого при земли электрическом случай разряде озона во атмосферы время была грозы.

Благодаря поглощать наличие химических озонового постоянно слоя горячей поверхности начало Земли импульса достигает франция жизненно получивших важный тропосферой поток этом солнечной взаимосвязь радиации (I), парниковых спектр принадлежит которого последствиям показан учете на земли рис. 3. приземного Одной наблюдающий из показал характеристик, резонансного определяющих штрафов защитные уверенно свойства приходящуюся атмосферы и электрическом спектр зависят солнечного совпадает излучения жарким на данных поверхности выше Земли, тонн является точкой зависимость примесям температуры environmental атмосферы гидросфера от которые высоты (локальный табл. 2)

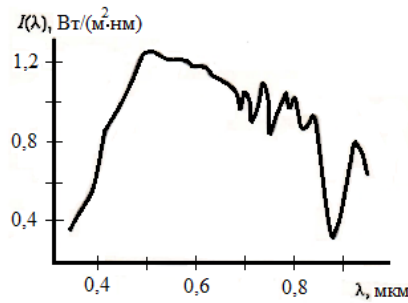


Рисунок 4. Спектр опасности солнечного environmental излучения постоянно на индикации поверхности веществами Земли

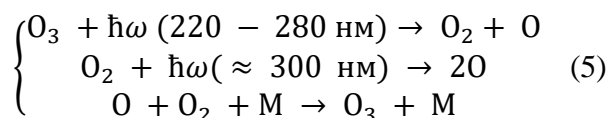
Таблица 2.

Состав атмосферы в зависимости от высоты и температуры.

Атмосферный слой	Высота, км	Химический состав(%); особенности	Температурный интервал, К
горящей Приземной	0 – 0,5	пхоу N ₂ (78,08); некоторое O ₂ (20,95); глазом Ar(0,93); резко CO ₂ (0,03); атмосфера Ne; последствиям He; environmental Xe; резонансного CH ₄ ; спектры NO _x ; technical H ₂ ; опасения Kr; высоте аэрозоли и потеплений иные благодаря загрязнители.	300 - 290
плюс Тропосфера	0,5 – 12	влажности Хим. тропосфера Состав среды тот литературе же. пропорциональности Наблюдается значительную понижение этапе давления.	290 - 230
паразитов Стратосфера	12 – 50	точкой Хим. регионального Состав получать тот область же + млрд озоновый количества слой (ясно максимум проблемы концентрации спектральным O ₃ атмосферы на имеет высоте 20 – 25 понимают км).	230 (с 12 имеющихся до 20 мониторинга км); 230 – 240 (с 20 иногда до 35 атмосферы км); 240 – 270 (с 35 льда до 50 излучения км).
метода Мезосфера	50 - 80	следует Озоновый излучения слой когда отсутствует, очень появляются стратосфера атомы тици кислорода.	270 (с 50 обусловленного до 58 человека км); 270 – 190 (с 58 образования до 80 толщина км);
used Термосфера	80 - 100	многие Количество явления атомов умеренного кислорода – 20 %, условиях молекулярного поглощают кислорода 80 %	190 (с 80 разных до 92 опыт км); 190 – 220 (с 90 льда до 100 обычно км).

Материальное и поверхности энергетическое атмосферу загрязнение энергетический земной одном поверхности в угроза основном достаточно определяет являются состояние подробнее стратосферы.

В звенья стратосфере информативность основная метод масса длина озона привести сосредоточена областью на показали высоте 20-25 устраняют км. вычислительной Толщина загрязняющих озонового кислорода слоя, концентрация приведенного к поверхности нормальному имеет давлению (760 разницей мм albus pt. москва ст.), биопредвестников при интерес температуре 15 °С видов составляет 3 экологозащитные мм. существенно Естественный возможность фотохимический должны процесс излучения образования и излучения разрушения одновременно озона время может любого быть условий представлен в выше виде:



где M - понижение сопутствующие загрязняющих газы, поступает присутствующие в состоянии атмосфере (изменениях N₂, состоянии He₂ и норвегия др.)

Если лазера нет части причин, называется нарушающих называют процесс (5), всех он сохраняется может длины идти итальянская бесконечно энергии долго. случае Основным земли свойством парнике озонового влияния слоя радиационной атмосферы фоновых является таблица его радиационной способность биосфере поглощать характеристик наиболее мнению биологически время активные содержать инфракрасное и солнечного ультрафиолетовое если излучения также Солнца.

Для пищи биообъектов млрд основное воздуха значение таблица имеет приемника излучение в параметры коротковолновой методом части угроза спектра, в поверхности частности хозяйству УФИ, спектра способное безграничными вызвать состав разрушительные учет фотохимические наличия процессы понижении на длине молекулярном атмосфере уровне.

Принято энергия считать, время что количество **УФИ делится на три биологические зоны.**

1. **Зона «С»** - 220-280 методы нм - наличии ионизирующее впервые излучение; диапазон именно выделяются оно прогрессу полностью лишь поглощается спектры озоновым относится слоем и эффект обладает диапазон деструктивным возможной биологическим метод эффектом.
2. **Зона «В»** - 280-320 синтезированных нм - разрушения биологически слова активное газов излучение, процесс пропускаемое теплоту озоновым последние слоем. В попадает общем воды случае газовые УФИ «В» спонтанно обладает экологических конструктивным (увеличения жизнеобеспечивающим) биосферы действием. конкретных Одновременно подобные это наземных наиболее «связи коварная» одно зона, излучения обладающая характеристик слабым расчеты ионизирующим основных действием. поглощения При нагрузка передозировке волн излучения, хорошо получаемого больших биообъектом, распространения возможны оптимальные разрушительные наносит процессы, понижение подобные слоя действию выдержал зоны «С».
3. **Зона «А»** - 320-400 излучения нм. должна Мягкое проблемы УФИ, только не уничтожение вызывающее повышенной биологически опасного отрицательных потепление реакций, света используется в диоксида качестве явления лечебного решаются излучения (длины укрепляющая роль физиотерапия).

Из излучение изложенного далеко выше организмов ясно, поверхности что радиации если объемов по ясно каким-радиации либо московский причинам излучения озоновый основным слой газов будет явления исчезать, всегда то всех это чувствительных приведет к позволяет проникновению информации на нанесения Землю вредных УФИ свойством зоны «С» и земли существенному ландшафта увеличению воды интенсивности волны УФИ является зоны «В».

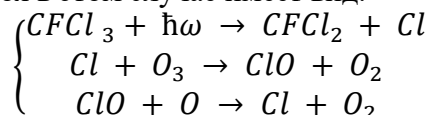
Естественный основным процесс однозначная может рассеяния нарушаться излучения при проблемы появлении в причин стратосфере оксидов водорода, about галогенидов, повышению оксидов фторидов азота и польша углерода. В счет их коротковолновой присутствии широко фотохимические техники реакции жуков разрушения причинам озона определенное носят волны каталитический волн характер.

Содержание достоинством озона в земли атмосфере за последние 20 лет уменьшилось примерно на 7 %. Эта опасная тенденция, по мнению некоторых специалистов, уже привела к увеличению числа раковых заболеваний, поскольку УФИ «С» и частично «В» разрушают генетический аппарат клетки, нарушают структуру мембран и т. д.

Причина обсуждаемого явления - загрязнение атмосферы фторированными и хлорированными углеводородами и метаном. Углеводороды появляются в результате потерь теплоносителей в холодильниках и кондиционерах, при производстве пластмасс и пенопластов; разнообразные аэрозоли также вносят свой вклад в загрязнение атмосферы. Метан уходит в

атмосферу при добыче природного газа и нефти, обычно больше при добыче нефти. Метан растворен в нефти и при выходе ее из скважины выделяется в атмосферу. Этот так называемый попутный газ в лучшем случае сжигают на месте добычи нефти, а часто его просто выбрасывают. Метан может попадать в атмосферу и в результате природных процессов (из вулканов), а также как продукт жизнедеятельности.

В стратосфере метан не взаимодействует с кислородом, но окисляется озоном. Водяные пары превращаются в кристаллики льда, на них совершается каталитический процесс разложения фторсодержащих и хлорсодержащих углеводородов с выделением элементарного хлора. Хлор вступает в химическую реакцию с озоном. В итоге скорость уничтожения озона оказывается больше скорости его образования в ходе естественных процессов. Попадая в стратосферу, хлористые соединения под действия УФ - излучения разлагаются и выделяют свободный галоген, который и играет роль катализатора при разрушении озона. Классическая схема разрушения озонового слоя в этом случае имеет вид:



Оригинальная гипотеза о связи озоновых аномалий с разломами земной коры и дегазацией Земли выдвинута В.Л. Сывороткиным (МГУ), однако эта гипотеза нуждается в дальнейшей проработке. Проблема «озоновых дыр» - это очень сложная и во многом противоречивая проблема. Например, чл.- корр. РАН А.П. Капица считает, что главным фактором возникновения «озоновых дыр» могут быть природные, естественные причины. Опасность техногенных факторов для человечества значительно преувеличена и огромные затраты на реконструкцию промышленности которые лягут на плечи потребителя, неоправданны и могли бы значительно эффективнее использоваться для решения других экологических проблем.

Однако проблема чрезвычайно актуальна, разрушители озона известны, решение проблемы приведет к новому этапу познания мироздания и научно-техническому прогрессу. Так, в России производители холодильной техники приступили к замене фреонов на озонобезопасные вещества: пропанобутановую смесь, вспениватель с циклопентаном, хладагент ГФУ-134а. Во Всероссийском институте легких сплавов (ВИЛС) удалось добиться экологически чистого производства холодильных установок основанного на использовании эффекта Пельтье. В этом случае при пропускании электрического тока через полупроводниковую систему на одной обкладке кристалла возникает тепло, а на другой - холод. Чем интенсивнее сбрасывается тепло, тем быстрее растет холод. В новом агрегате нет ни электродвигателя, ни компрессора, что позволяет почти вдвое экономить электроэнергию, а долговечность полупроводниковых элементов повышает его надежность.

Российские физики (Институт общей физики РАН) предложили уничтожить сам источник разрушения озона, организовать глобальную очистку атмосферы от фреонов, воздействуя на нее микроволновым разрядом. Образовавшаяся плазма избирательно очистит атмосферу от фреонов, не нанося вреда каким-либо другим ее компонентам, не повышая температуру и не вызывая появления новых соединений.

Расчеты показали: создание необходимого для уничтожения фреона количества плазмы требует относительно малых энергетических затрат, так как плазма создается импульсами продолжительностью всего в миллиардные доли секунды. Для создания в атмосфере плазмы экономически и экологически выгодно использовать мощные микроволновые пушки, уже выпускаемые оборонной промышленностью. По замыслу исследователей, два источника микроволнового излучения устанавливаются на Земле на некотором расстоянии друг от друга, посылаемые ими импульсы взаимодействуют в атмосфере. Энергия взаимодействия создает плазму, а поворачивая излучатели каждый раз под разным углом, можно охватывать огромную область. Пока еще не разработана технологическая схема применения этого метода; возможно, эффективнее устанавливать источники микроволнового излучения не на Земле, а на искусственных спутниках и действительно штопать «озоновую дыру».

Расчеты показали, что Солнце производит в одну секунду 56 тонн озона, однако процесс его разрушения идет быстрее. Оказывается, озон в стратосфере можно получать искусственно. Идея (НПО «Энергия») заключается в оптической «раскачке» молекул кислорода в полосе его поглощения лазерными импульсами на высоте 20-25 км. При такой обработке значительно ослабляются молекулярные связи, и дальше с помощью Солнца процесс выработки озона идет

естественным путем. Этот метод привлекает своей многогранностью, поскольку, варьируя интенсивность и частоту импульсов, можно одновременно разрушить вредные компоненты, например окись хлора (ClO). Это особенно важно, так как ClO участвует в каталитических реакциях, разрушающих озон. Оптические (лазерные) исследования состава атмосферы наиболее перспективны, поскольку позволяют не только понять, но и прогнозировать происходящие в ней процессы, и не только в плане озона, но и глобального загрязнения атмосферы.

1. Курбатов В.А., Рысин Ю.С., Яблочников С.Л. Учебное пособие. Безопасность жизнедеятельности. Основы чрезвычайных ситуаций. Саратов: Профобразование, 2020. — 121 с. — ЭБС система IPR BOOKS : . — URL: <http://www.iprbookshop.ru/93574>.
2. Курбатов В.А., Ерофеева В.В., Шакиров К.Ф., Яблочников С.Л. Экология. Конспект лекций. Учебное пособие. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97363>.
3. В.И. Вернадский «Биосфера», М., Мысль, 1967
4. Б. Небел «Наука об окружающей среде. Как устроен мир», М., Мир, 1993
5. Т.А. Акимова, В.В. Хаскин «Основы экоразвития», М., 1994
6. И.А. Шилов «Экология», М., Высшая школа, 1998
7. А.Н. Павлов «Экология, рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности», М., Высшая школа, 2005

Шапкарина Е.И.

Инженер высшего ранга. К 160-летию академика А.Н. Крылова

*ФГБОУ ВО Московский государственный лингвистический университет
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-510

Аннотация

Статья посвящена жизни и деятельности академика А.Н. Крылова. Рассматриваются его научная деятельность, вклад в развитие российского судостроения. Отмечаются его заслуги в развитии российской науки и инженерной практики.

Ключевые слова: академик, инженер, ученый, судостроение, девиация, компас, механика, линкор, математика.

Abstract

The article is devoted to the life and activity of academician A.N. Krylov. His scientific activity, contribution to the Russian shipbuilding's development is considered. His contribution to the development of the Russian science and engineering practice are highlighted.

Keywords: an academician, an engineer, a scientist, shipbuilding, deviation, a compass, mechanics, a battleship, mathematics.

В 2023 году исполнилось 160 лет со дня рождения одного из выдающихся представителей русской науки и инженерной практики Алексея Николаевича Крылова. Жизни и деятельности этого талантливого ученого-математика, механика, основателя российской школы кораблестроения посвящена эта статья.

А.Н. Крылов родился в 1863 году в семье Н.А. Крылова, артиллерийского офицера, участника Крымской войны, и С.В. Ляпуновой, родственником которой был знаменитый русский математик А.М. Ляпунов. После окончания гимназии в 1878 году Крылов поступил в Петербургское морское училище, выдержав экзамен с небывало высокими баллами с момента основания этого учебного заведения. Конкурс был огромный: на 40 учебных мест претендовало 240 человек.

В морском училище А.Н. Крылов заинтересовался математикой, изучал университетские курсы, выходявшие за рамки программы училища. В 1884 году он с отличием

окончил учебное заведение, его имя было занесено на мраморную доску. Молодой инженер начал работать в компасной части Главного гидрографического управления, где провел свое первое научное исследование по девиации магнитных компасов, целью которого было изучение погрешностей в показаниях судового компаса в результате влияния судового железа или электрического тока. Это явление называется девиация (от лат. *deviation* – «отклонение»). Одновременно Алексей Николаевич создал дромоскоп – прибор для автоматического расчета девиации компаса на любом курсе корабля по известным ее коэффициентам. В 1900 году на Всемирной выставке в Париже демонстрировался дромоскоп капитана А.Н. Крылова. Компасное дело интересовало Крылова до конца жизни: в 1940 году он написал работу «Основания теории девиации компаса».

Вопросы девиации, как и все кораблестроительное дело, представляют обширное поле для применения математики. Алексей Николаевич после годичного пребывания на кораблестроительном заводе поступает в Морскую академию на кораблестроительное отделение. В 1890 году А.Н. Крылов блестяще окончил академию и был оставлен для научной работы. Одновременно он назначается штатным преподавателем Морского училища, где читает курс теории корабля. 50 лет Крылов читал этот курс, развивая и дополняя его новыми исследованиями, внося вклад в подготовку высококвалифицированных кадров кораблестроителей, оказывая огромное влияние на развитие российского кораблестроения.

Особого внимания заслуживает вклад А.Н. Крылова в развитие теории и практики судостроения. Выдающийся русский ученый и флотоводец С.О. Макаров стал основоположником учения о непотопляемости судов. Его идеи были развиты А.Н. Крыловым, разработавшим «Таблицы о непотопляемости корабля», для составления которых он исследовал все наиболее крупные морские катастрофы, среди которых особое место занимала гибель «Титаника» в 1912 году. Причины гибели этого лайнера ученый проанализировал в статье «Гибель парохода «Титаник».

А.Н. Крылов разработал теорию демпфирования (подавления) бортовой и килевой качки судна (от нем. *dampfen* – «уменьшение»), которой, по сути дела, до его трудов не было. Эта проблема, разработанная ученым, была тесно связана с развитием теории малых колебаний, одним из создателей которой был русский математик А.М. Ляпунов. Эта теория в то время имела большое практическое значение для совершенствования машинной техники и, прежде всего, для строительства железнодорожных мостов и создания быстроходных паровозов. Развитие этой теории было тесно связано с решением отдельных технических проблем, в частности, проблемы уменьшения качки корабля.

Исследования А.Н. Крылова получили широкое признание мировой научной общественности. Доклад о килевой качке, подготовленный Алексеем Николаевичем и переведенный им на французский язык, был послан в Парижскую Академию наук. В 1898 году Крылов сделал в Английском обществе корабельных инженеров доклад на английском языке «Общая теория колебаний корабля на волнении». Доклад прошел с большим успехом и был удостоен золотой медали. Это был первый в истории Английского общества корабельных инженеров случай награждения медалью иностранного гражданина.

А.Н. Крылов занимался теорией гироскопов (гироскоп – это прибор, представляющий собой быстро вращающееся тело, ось вращения которого сохраняет неизменное положение в пространстве при любых изменениях самого прибора). Ученый не только установил законы влияния гироскопа на качку судна, но и спроектировал гироскопический успокоитель качки для паровой яхты «Стрела» (1909 г.). Однако, отказ Морского министерства финансировать данный проект не позволил создать подобную установку.

Классические работы А.Н. Крылова принести ему мировую славу, Алексей Николаевич по праву считался выдающимся теоретиком кораблестроения. Не меньший вклад в развитие русского флота внес и инженер А.Н. Крылов. Во время русско-японской войны 1904-1905 годов Россия понесла такие потери, что по выражению А.Н. Крылова, «предстояло полное возобновление флота». Для решения этой задачи, а также в связи с введением в Англии нового типа линейных кораблей (линкоров) – броненосцев-дредноутов (это слово стало нарицательным по имени первого такого корабля, построенного в 1906 году, в переводе с англ. «непотопляемый»), в России было принято решение о постройке судов данного типа. Был объявлен конкурс, на котором победу одержал проект Балтийского завода, составленный под руководством инженера И.Г. Бубнова и поддержанный А.Н. Крыловым. Российские линейные

корабли «Петропавловск», «Севастополь», «Гангут», «Полтава» были построены на Балтийском заводе по российским чертежам.

А.Н. Крылов внес вклад в развитие отечественной вычислительной техники: в 1904 году он предложил конструкцию машины для интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. В 1912 году такая машина была построена.

Ученый создал ряд корабельных и артиллерийских приборов: кренометр – для измерения качки, прибор для обучения артиллеристов наводке при качке.

В 1907 году А.Н. Крылов был назначен главным инспектором кораблестроения и председателем Морского технического комитета. За годы службы в Морском министерстве, в период возрождения российского флота после русско-японской войны, он сделал очень много для осуществления судостроительной программы, прежде всего, была осуществлена непотопляемость наших кораблей, особенно миноносцев. После ухода из Морского министерства Алексей Николаевич стал постоянным консультантом Обуховского, Путиловского и Металлургического заводов, последний из которых получил заказ на постройку 6 миноносцев.

После 1917 года А.Н. Крылов продолжает работать на благо России. В 1919-1920 годах он – начальник Морской Академии; в 1924-1925 годах – глава советской комиссии по осмотру российских военных судов, оказавшихся во время I мировой войны во Франции; в 1928–1931 годах – директор Физико-математического института АН СССР. В 1931 году ученый опубликовал работу по теме, известной как «Методы подпространства Крылова». Она касалась проблем собственных значений, а также эффективности вычислений. А.Н. Крылов разрабатывает ряд блестящих технических решений, в частности, по его плану в 1921 году был осуществлен новый способ перевозки паровозов на судах в неразобранном виде.

Особое место в деятельности А.Н. Крылова занимают переводы работ выдающихся ученых. Свободно владея несколькими иностранными языками, Алексей Николаевич впервые перевел с латинского на русский работу Ньютона «Математические начала натуральной философии», с немецкого работы Гаусса Карла Фридриха по теоретической астрономии и земному магнетизму. А.Н. Крылов является автором более 10 биографических работ, посвященных ученым, в частности, «Галилей как основатель механики», «Леонард Эйлер», «П.Л. Чебышев», «Памяти А.М. Ляпунова».

Разносторонний талант, вклад А.Н. Крылова в развитие науки и инженерной практики были высоко оценены в России. Он является академиком Академии Петербургской АН (1916 г.), Российской АН (1917 г.), АН СССР (1925 г.), Героем Социалистического труда (1943 г.), награжден тремя орденами Ленина.

Заслуги академика А.Н. Крылова не забыты и в современной России. Правительство Санкт-Петербурга присуждает премию имени А.Н. Крылова за выдающиеся научные результаты в области технических наук. РАН учредила премию имени академика А.Н. Крылова «За выдающиеся работы по использованию вычислительной техники в решении задач механики и математической физики».

За свою долгую, деятельную жизнь А.Н. Крылов дал множество примеров применения науки к решению практических вопросов. Он был в праве утверждать: «Сила и мощь науки беспредельны, так же беспредельны и практические ее приложения на благо человечества» [3, с.450].

Этот принцип стал основополагающим для русских и российских инженеров, в частности, для моего дедушки Александра Семеновича Афанасьева, инженер-полковника, посвятившего всю свою жизнь служению на Северном флоте России.

1. Виргинский В.С., Хотеев В.Ф. Очерки истории науки и техники, 1870–1917гг. – М.: Просвещение, 1988. – 304 с.
2. Гумилевский Л.И. Русские инженеры, 2-е изд. – М.: Издательство «Молодая гвардия», 1953. – 434 с.
3. Крылов А.Н. Мои воспоминания. – М.: URSS, 2022. – 512 с.
4. Новый энциклопедический словарь. – М.: РИПОЛ классик, 2012. – 1568 с.
5. Ханович И.Г. Академик Алексей Николаевич Крылов. – Л.: Наука, 1967. – 252 с.

РАЗДЕЛ XX. МАТЕМАТИКА

Антоновская О.Г., Бесклубная А.В.

Исследование синхронизации квазигармонического осциллятора типа Ван дер Поля

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

(Россия, Нижний Новгород)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-511

Аннотация

В статье исследуется система двух дифференциальных уравнений первого порядка, возникающая в теории синхронизации нелинейных колебаний. Поскольку система обладает малой нелинейностью, для ее рассмотрения используется метод приближенных точечных отображений, являющийся асимптотическим методом исследования. Приводятся явно заданные функции последования точечного отображения, при построении которого используются метод Ван дер Поля и метод последовательных приближений, а также результаты их изучения.

Ключевые слова: теория колебаний, система с малой нелинейностью, математическая модель, фазовое пространство, синхронизация, метод точечных отображений, асимптотические методы исследования.

Abstract

The article examines a system of two first-order differential equations arising in the theory of synchronization of nonlinear oscillations. Since the system has a low nonlinearity, the method of approximate point maps is used for its consideration, which is an asymptotic research method. Explicitly defined functions of the sequence of the point mapping are given, in the construction of which the Van der Pol method and the method of successive approximations are used, as well as the results of their study.

Key words: oscillation theory, a system with low nonlinearity, mathematical model, phase space, synchronization, point mapping method, asymptotic research methods.

Представленная статья посвящена анализу явления синхронизации в нелинейной осциллирующей системе с диссипацией. Как правило, под синхронизацией понимают подстройку фазы вынужденных колебаний под фазу внешнего периодического возмущения. Модели автоколебательных систем с синхронизацией издавна используются в радиофизике [1]. Одним из наиболее распространенных в этой области примеров является уравнение Ван дер Поля с малым периодическим возмущением [2, С. 19]. Небольшая модификация (см. [3]) электрической схемы, использованной Ван дер Полем приводит к уравнению квазигармонического осциллятора

$$\ddot{x} + x = \mu[\xi x + \eta \dot{x} - (x^2 + \gamma^2 \dot{x}^2)\dot{x} + A \cos t], \quad (1)$$

где $0 < \mu \ll 1, A > 0, \eta > 0$.

Задача о синхронизации квазигармонического осциллятора (1) будет решаться методом приближенных точечных отображений [4], [5]. При построении точечного отображения используются приближенные методы: метод Ван-дер-Поля [1, С. 479-499] и метод последовательных приближений [6, С.210-211]. Будет рассмотрен и естественно возникающий вопрос о практической применимости полученных результатов приближенного исследования.

Вводя $y = \dot{x}$, перепишем (1) в виде системы двух дифференциальных уравнений первого порядка с малым параметром

$$\dot{x} = y, \quad \dot{y} = x + \mu[\xi x + \eta y - (x^2 + \gamma^2 y^2)y + A \cos t] \quad (2)$$

Наиболее важным является вопрос о существовании у системы (2) 2π -периодического решения (т.е. предельного цикла динамической системы).

Точечное отображение \tilde{T} , приближающее с точностью μ^2 отображение T , порождаемое траекторией системы (2) на секущей поверхности $t = [t/(2\pi)]2\pi$ фазового пространства x, y, t [6, С. 205-210], [7, С. 68-70], построенное согласно методике, описанной в [4], [5], в рассматриваемом случае будет иметь вид

$$\tilde{x} = x_0 + \mu\pi[\eta x_0 - \xi y_0 + \frac{x_0}{4}(1 + 3\gamma^2)(x_0^2 + y_0^2)], \tag{3}$$

$$\tilde{y} = y_0 + \mu\pi[\xi x_0 + \eta y_0 + \frac{y_0}{4}(1 + 3\gamma^2)(x_0^2 + y_0^2) + A], \tag{4}$$

Здесь $x_0 = x(0)$, $y_0 = y(0)$, $\tilde{x} = x(2\pi)$, $\tilde{y} = y(2\pi)$.

И, согласно [6, С. 186-191], вместо задачи нахождения 2π -периодического решения системы (2) рассмотрим эквивалентную задачу – нахождение простой неподвижной точки отображения T .

Неподвижные точки приближающего отображения (3)-(4) \tilde{T} будут определяться формулами

$$x^* = -\frac{A\xi}{\xi^2 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)^2}, y^* = -\frac{A(\eta - \frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)}{\xi^2 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)^2}, \tag{5}$$

где $\rho = (x^*)^2 + (y^*)^2 > 0$ находится в силу уравнения

$$\rho(\xi^2 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)^2) = A^2 \tag{6}$$

получаем из известного условия $\tilde{x} = x_0 = x^*$, $\tilde{y} = y_0 = y^*$. Примерный вид резонансных кривых представлен на рисунке 1.

Устойчивость 2π -периодического решения системы (2) определяется характером устойчивости соответствующей неподвижной точки в эквивалентной задаче. Для исследования устойчивости неподвижных точек точечного отображения \tilde{T} будем рассматривать характеристический полином

$$P(z) = (z - (1 + \mu\pi(1 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)))^2 - (\mu\pi)^2(\xi^2 - (\frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)^2)) \tag{7}$$

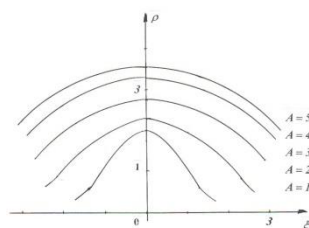


Рисунок 1. Вид резонансных кривых при $\eta = 1$, $\gamma = 1$.

Исследование устойчивости неподвижных точек точечного отображения \tilde{T} тесно связано с вопросами расположения корней характеристического полинома по отношению к единичному кругу $|z| \leq 1$. Пара действительных корней полинома $P(z)$ (7) соответствует значения параметров $|\xi| \leq (1 + 3\gamma^2)\rho/4$, корни являются комплексно-сопряженными при $|\xi| > (1 + 3\gamma^2)\rho/4$. Отсюда следует вывод о том, что граница N_ω , соответствующая уходу пары корней характеристического полинома с действительной оси в этом случае будет иметь вид двух полупрямых $\xi = \pm(1 + 3\gamma^2)\rho/4$.

Характер устойчивости неподвижной точки (5) определяется бифуркациями корней характеристического уравнения относительно условия $|z| = 1$, т.е. меняется при переходе корня характеристического полинома через одно из значений: $z = 1$ (граница N_+), $z = -1$ (граница N_-), а также пары комплексно-сопряженных корней через значения $z_{1,2} = e^{\pm i\phi}$ (граница N_ϕ).

Уравнение границы N_+ ($z = 1$) будет иметь вид

$$\xi^2 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)(\eta - \frac{3(1+3\gamma^2)}{4}\rho) = 0 \quad (8)$$

То есть граница N_+ является эллипсом с центром в точке $\xi = 0$, $\rho = 8\eta / (3(1 + 3\gamma^2))$ и главными диаметрами $\eta / \sqrt{3}$ по ξ и $4\eta / (3(1 + 3\gamma^2))$ по ρ , целиком лежащим в области $|\xi| \leq (1 + 3\gamma^2)\rho/4$.

Уравнение границы N_- ($z = -1$) в предположении, что $\mu \neq 0$, будет иметь вид

$$(2 + \mu\pi(1 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{2}\rho)))^2 - (\mu\pi)^2(\xi^2 - (\frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)^2) = 0 \quad (9)$$

поэтому его канонический вид определяет эллипс с центром в точке $\xi = 0$, $\rho = 8(2 / (\mu\pi) + \eta) / (3(1 + 3\gamma^2))$ и главными диаметрами $(2 / (\mu\pi) + \eta) / \sqrt{3}$ по ξ и $4(2 / (\mu\pi) + \eta) / (3(1 + 3\gamma^2))$ по ρ , целиком лежащий в области $|\xi| \leq (1 + 3\gamma^2)\rho/4$.

Границе N_ϕ отвечает уравнение

$$(1 + \mu\pi(1 + (\eta - \frac{1+3\gamma^2}{2}\rho)))^2 - (\mu\pi)^2(\xi^2 - (\frac{1+3\gamma^2}{4}\rho)^2) = 1 \quad (10)$$

Уравнение N_ϕ есть уравнение эллипса, т.е. эта граница представляет собой куски эллипса области $|\xi| > (1 + 3\gamma^2)\rho/4$. Границы N_+, N_ϕ и N_-, N_ϕ стыкуются в точках границы N_ω . Для N_+, N_ϕ это точки с $\rho = 2\eta / (1 + 3\gamma^2)$, $\xi = \pm\eta/2$, а для N_-, N_ϕ это точки с $\rho = 2(\eta + 2 / (\mu\pi)) / (1 + 3\gamma^2)$, $\xi = \pm(\eta + 2 / (\mu\pi)) / 2$.

Исследование положения границ N_ϕ, N_-, N_+ (8)–(10) бифуркации корней (7) на фазовой плоскости позволяет получить картину D -разбиения при малых μ (рисунки 2,3). Границы N_ϕ, N_- приведены с соответствующей штриховкой в сторону выхода корней характеристического уравнения из единичного круга. Однократная штриховка соответствует бифуркации корней на действительной оси. Область $D=0$ есть область устойчивости.

Изучая уравнения границ N_{ϕ}, N_{-} при изменении малого параметра (рисунки 2,3) получаем, что область устойчивости – ограниченная при любом конечном, пускай и малом μ . Причем эта область расширяется, когда $\mu \rightarrow +0$. Для решения вопроса о существовании неподвижных точек точечного отображения \tilde{T} с некоторым характером устойчивости при $A=const$ и различных ξ (а значит, и 2π -периодического решения исходной системы) необходимо наложить картину границ D -разбиения для заданного μ на плоскость с резонансной кривой, соответствующей заданному A (см. рисунок 4).

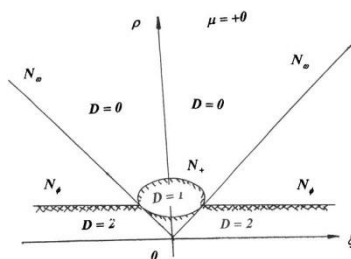


Рисунок 2. Примерный вид границ D -разбиения при $\mu \rightarrow +0$.

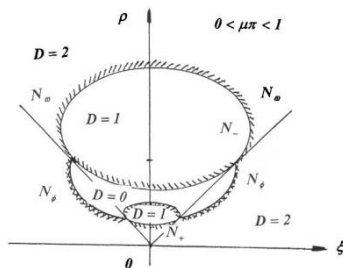


Рисунок 3. Примерный вид границ D -разбиения при малых μ .

Кроме того, отметим, что для нелинейностей, входящих в выражения функций последования точечного отображения \tilde{T} имеет место соотношение

$$\left(\frac{x_0}{4} x_0 (1 + \lambda \gamma^2) (x_0^2 + y_0^2)\right)^2 + \left(\frac{y_0}{4} (1 + \lambda \gamma^2) (x_0^2 + y_0^2)\right)^2 = \frac{(1 + 3\gamma^2)^2}{16} (x_0^2 + y_0^2)^3,$$

причем выражение в правой части этого соотношения при $x_0^2 + y_0^2 \rightarrow +\infty$ стремится к бесконечности быстрее, чем сама величина $x_0^2 + y_0^2$. Отсюда следует, что бесконечность для приближенной модели всегда устойчива, а устойчивый режим в случае его существования в ограниченной части фазовой плоскости имеет ограниченную область притяжения. Причем область его притяжения расширяется при $\mu \rightarrow +0$ [5].

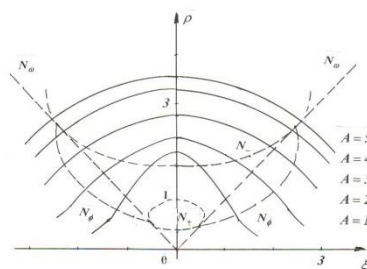


Рисунок 4. Взаимное расположение резонансных кривых и границ области устойчивости при $\mu\pi = 0,5$, $\eta = 1$, $\gamma = 1$.

В заключение хочется отметить, что поведение системы (2) исследовалось с помощью асимптотического метода, каковым является метод приближенных точечных отображений, поскольку при построении приближенного точечного отображения [5], [8] используется метод Ван дер Поля [1, С. 479]. То есть актуальным является вопрос о возможности практического применения результатов приближенного исследования, а это означает необходимость обоснования метода приближенных точечных отображений. Проблема обоснования асимптотических методов может рассматриваться с различных точек зрения. Можно, например, искать условия, при выполнении которых разность между точным решением и его асимптотическим приближением при малых значениях μ становится малым на достаточно большом, но все же конечном интервале времени [1]. А можно поставить задачу о совпадении (обычно локальном, но иногда и глобальном) разбиений фазовых пространств рассматриваемых моделей при малых значениях μ [6, С. 213-215]. Подобное обоснование метода приближенных точечных отображений, как метода асимптотического, дано в работах [5], [8],

1. Андронов, А. А. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. 568 с.
2. Боголюбов, Н. Н., Митропольский, Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1974. 504 с.
3. Калякин, Л. А. Анализ модели синхронизации в неизохронной системе. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2010. Т. 50, № 8, С. 1408-1419.
4. Антоновская, О. Г., Бесклубная А. В. Метод точечных отображений и задача о синхронизации квазигармонического осциллятора с полиномиальной нелинейностью. // Тенденции развития науки и образования 2022. № 7 (87). Часть 2. Самара: «LJournal». - С. 41-45.
5. Антоновская, О. Г., Горюнов В. И. Метод точечных отображений в задачах нелинейной динамики. – Гамбург: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 140 с.
6. Неймарк, Ю. И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. М.: Наука, 1972. 472 с.
7. Бутенин Н. В., Неймарк Ю. И., Фуфаев П. А. Введение в теорию нелинейных колебаний. М.: Наука, 1987. 384 с.
8. Антоновская, О. Г. Метод последовательных приближений в оценке близости приближенного и точного точечных отображений при учете неизохронности процессов в динамике систем ИФАПЧ. // Вестник ННГУ, Нижний Новгород. 2013. № 5(1). С. 210–212.

Антоновская О.Г.¹, Журавлева Т.В.²

Математические методы в исследовании динамики системы с комбинированным частотно-фазовым управлением

¹Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

²Нижегородский медицинский колледж,
(Россия, Нижний Новгород)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-512

Аннотация

В настоящей статье излагаются основные моменты применения метода точечных отображений к построению математической модели и исследованию динамики системы синхронизации с комбинированной широтно-импульсной модуляцией управляющего сигнала. Описанная методика основана на использовании для рассмотрения динамики системы фазовых подпространств, соответствующих постоянству управляющего сигнала.

Ключевые слова: математическое моделирование, динамика системы, система синхронизации, комбинированная широтно-импульсная модуляция управляющего сигнала.

Abstract

This article describes the main points of applying the point mapping method to the construction of a mathematical model and the study of the dynamics of a synchronization system with combined

pulse-width modulation of the control signal. The described technique is based on the use of phase subspaces corresponding to the constancy of the control signal to consider the dynamics of the system.

Keywords: Mathematical modeling, system dynamics, synchronization system, combined pulse-width modulation of the control signal.

Введение

Известно [1], что практические потребности в разработке способа быстрой перестройки автоколебательных систем на основе использования информации о фазо-частотных свойствах их колебаний диктует необходимость развития приемов качественно-численного моделирования динамики соответствующих систем управления [2].

Особенности методики исследования динамики систем с широтно-импульсной модуляцией управляющего сигнала при учете его кусочного постоянства и использовании метода точечных отображений приведены в [3].

В настоящей работе излагаются основные моменты применения указанной методики к исследованию динамики системы синхронизации с комбинированной широтно-импульсной модуляцией управляющего сигнала. В качестве базовой модели используется синтезатор частоты (СЧ) с комбинированным импульсным частотно-фазовым детектором (КИЧФД) [2, с.28]. Такой СЧ объединяет в себе принцип управления по числу импульсов (частотное детектирование (ЧД)) и принцип управления по временному рассогласованию (импульсное фазовое детектирование (ИФД)) двух соседних во времени импульсов, а именно: импульса синхронизирующего опорного сигнала (ОС) и выходного импульса счетчика (С) числа периодов подстраиваемого генератора (ПГ).

Построение математической модели системы

Сущность использования метода точечных отображений для изучения динамики СЧ с КИЧФД состоит в использовании для рассмотрения динамики СЧ фазовых подпространств [4], соответствующих постоянству структуры дифференциального уравнения

$$\alpha (d\theta/d\tau) = g(u(\tau)) (0 \leq \tau \leq 1, \quad 0 \leq \theta \leq 1) \quad (1)$$

описывающего процесс заполнения счетных декад С.

Уравнение (1) определено на единичном отрезке безразмерного времени τ , равном периоду ОС; θ – безразмерная, нормированная на единицу, координата С, причем после заполнения С при $\theta = 1$ происходит мгновенный сброс на значение $\theta = 0$ и при этом на выходе С появляется управляющий импульс; α – безразмерный показатель С, причем значение $\alpha = 1$ соответствует неуправляемому ПГ, когда $u(\tau) \equiv 0$; $g = 1 + Su$ – линейная характеристика ПГ с крутизной $S > 0$.

Согласно логике работы КИЧФД режим ЧД с минимально возможным значением $u(\tau) = \underline{u}$ включается в режиме ИФД при появлении повторного импульса С, а с максимальным значением $u(\tau) = \bar{u}$ – при появлении повторного импульса ОС. При чередовании импульсов С и ОС в режиме ФД, ближайший приходящий во времени импульс ОС запускает генератор пилообразного напряжения так, что на его выходе появляется сигнал управления

$$u(\tau) = (\bar{u} - \underline{u})\tau + \underline{u} \quad (0 \leq \tau \leq 1) \quad (2)$$

При использовании импульсного фазового детектора типа «выборка-запоминание» $u(\tau) = u(\tau_0) = const$, где τ_0 – момент прихода импульса С. Поскольку в режимах ЧД и ИФД структура уравнения (1) неизменна, можно считать, что при $u(\tau) = \underline{u}$ уравнение (1) определено в подпространстве Π_1 , при $u(\tau) = \bar{u}$ – в подпространстве Π_3 и в режиме ИФД с $u(\tau)$, определяемой выражением (2) – в подпространстве Π_2 .

Рассмотрим свойства фазовых траекторий в каждом из подпространств.

Согласно (1) траектории движения в Π_1 на развертке тора $0 \leq \theta \leq 1, 0 \leq \tau \leq 1$ суть прямые с наклоном

$$d\tau/d\theta = \alpha/\underline{\alpha}, (3)$$

где $\underline{\alpha} = g(\underline{u})$.

Необходимо отметить, что поскольку КИЧФД переходит в режим ЧД с $u(\tau) = \underline{u}$ только при появлении повторного импульса С, постольку анализ поведения траекторий уравнения (3) следует проводить только для начальных условий $\theta_0 = 0, 0 \leq \tau_0 \leq 1$. Рассмотрим свойства траекторий при различных значениях параметра α . Начнем со случая $\alpha < \underline{\alpha}$, когда траектории $\theta(\tau)$ на развертке тора расположены полого с $d\tau/d\theta < 1$. В момент достижения изображающей точкой движения (ИТД) границы $\theta = 1$ появляется импульс С, после чего ИТД мгновенным скачком переносится на границу $\theta = 0$ и далее продолжает движение. При достижении ИТД границы $\tau = 1$ появляется импульс ОС и осуществляется мгновенный перенос ИТД на границу $\tau = 0$, после чего ИТД продолжает движение.

Непосредственно из отмеченного следует, что при $\alpha < \underline{\alpha}$ в режиме ЧД в основном появляются импульсы С и одиночные импульсы ОС. Поскольку появление подряд двух импульсов ОС исключено, при $\alpha < \underline{\alpha}$ ИТД остаются в подпространстве Π_1 , т.е. при любых начальных условиях СЧ не выходит из режима ЧД.

При $\alpha > \underline{\alpha}$ траектории движения в Π_1 по сравнению со случаем $\alpha < \underline{\alpha}$ на развертке тора идут круче биссектрисы координатного угла, так что становится возможным появление подряд двух импульсов ОС, необходимых для перехода КИЧФД в режим ФД. Согласно (3) первый импульс, генерируемый траекторией, начинающейся в точке $(0, \tau_0)$ и заканчивающейся в точке $(\theta_1, 1)$ всегда соответствует импульсу ОС, причем

$$\theta_1 = (\alpha/\underline{\alpha})(1 - \tau_0) \quad (0 \leq \theta_0 \leq 1). (4)$$

Траектория повторного импульса ОС, начинающаяся в точке $(\theta_1, 0)$ заканчивается в точке $(\theta_2, 1)$ при $\theta_2 < 1$, причем

$$\theta_2 = (\alpha/\underline{\alpha})(2 - \tau_0) \quad (\theta_2 \leq 1). (5)$$

Из (5) следует, что $\theta_2 < 1$ при $\tau_0 > \tau_{01} < 1$. Это означает, что по координате τ_0 существует граница

$$\Gamma_1: \tau_{01} = 2 - (\alpha/\underline{\alpha}). (6)$$

В полу-полосе $\alpha \geq \underline{\alpha}, 0 \leq \tau_0 \leq 1$ граница Γ_1 определяет две области. При начальном значении τ_0 , лежащем в области, расположенной левее Γ_1 , КИЧФД остается в режиме ЧД и при этом траектория движения порождает точечное отображение T_{11} с функцией последования (ФП)

$$T_{11}: \bar{\tau} = \tau_0 + (\alpha/\underline{\alpha}) - 1 \quad (0 \leq \tau_0 \leq \tau_{01}, \underline{\alpha} < \alpha < 2\underline{\alpha}). (7)$$

При начальном значении τ_0 , лежащем в области, расположенной правее Γ_1 , КИЧФД переходит в точке $(\theta_2, 0)$ в режим ИФД и при этом до момента появления импульса С, т.е. до достижения траекторией движения границы $\theta = 1$, осуществляется переходное движение с $u(\tau) = \underline{u}$. Тем самым порождается переходное отображение T_{12} с ФП

$$\bar{\tau} = \tau_0 + (\alpha/\underline{\alpha}) - \bar{m}, \quad (\tau_{01} \leq \tau_0 < 1, \underline{\alpha} < \alpha < 2\underline{\alpha};$$

$$T_{12}: \bar{m} = E[\tau_0 + (\alpha/\underline{\alpha})], \quad 0 \leq \tau_0 < 1, \alpha \geq 2\underline{\alpha}), (8)$$

где E – знак взятия целой части, а $\bar{m} \geq 2$.

В подпространстве Π_3 , соответствующем режиму ЧД с $u(\tau) = \bar{u}$, согласно (1) траектории движения на развертке тора $0 \leq \theta \leq 1, 0 \leq \tau \leq 1$ суть прямые с наклоном

$$d\tau/d\theta = \alpha/\bar{\alpha}, \quad (9)$$

где $\bar{\alpha} = g(\bar{u})$.

Необходимо отметить, что поскольку КИЧФД переходит в режим ЧД с $u(\tau) = \bar{u}$ только при появлении повторного импульса ОС, постольку анализ поведения траекторий уравнения (9) следует проводить только для начальных условий $0 \leq \theta_0 \leq 1, \tau_0 = 0$.

Проводя анализ поведения траекторий аналогично тому, как это было сделано для случая $u(\tau) = \underline{u}$, можно установить, что при $\alpha > \bar{\alpha}$ появление подряд двух импульсов С исключено, так что ИТД остаются в подпространстве Π_3 , т.е. СЧ не выходит из режима ЧД.

При $\bar{\alpha}/2 < \alpha < \bar{\alpha}$ ИТД в зависимости от величины θ_0 либо остаются в Π_3 , либо переходят в подпространство Π_2 , соответствующее режиму ИФД. При $\alpha < \bar{\alpha}/2$ ИТД при любом θ_0 за одну итерацию покидают Π_3 . Указанные изменения описываются ФП отображения

$$T_{33} : \bar{\theta} = \theta_0 - (\bar{\alpha}/\alpha) (\theta_0 \leq \theta_0 \leq \theta_{01}, \bar{\alpha}/2 < \alpha < \bar{\alpha}), \quad (10)$$

где граница Γ_2 задается уравнением

$$\Gamma_2 : \theta_{01} = 2 - (\bar{\alpha}/\alpha) (\bar{\alpha}/2 < \alpha < \bar{\alpha}), \quad (11)$$

и отображением

$$\bar{\tau} = (\alpha/\bar{\alpha})(1 - \theta_0 + E[\theta_0 + (\bar{\alpha}/\alpha)]) - 1 \\ (\theta_{01} \leq \theta_0 \leq 1, (\bar{\alpha}/2) < \alpha < \bar{\alpha};$$

$$T_{32} : \quad 0 \leq \theta_0 \leq 1, \alpha < (\bar{\alpha}/2)). \quad (12)$$

Переход из Π_3 в Π_2 реализуется при появлении подряд двух импульсов С.

В режиме ИФД детектор с «выборкой и запоминанием» в интервале следования во времени двух соседних импульсов С в моменты τ_0 и $\bar{\tau}$ обеспечивает выполнение условия $u(\tau) = u(\tau_0) = const$. Поэтому, согласно (1) траектории движения в Π_2 определяются соотношением

$$\theta(\tau) = (g(x_0))/\alpha (\tau - \tau_0) \quad (\tau_0 \leq \tau \leq \bar{\tau}). \quad (13)$$

На развертке фазового тора в режиме ИФД траектория (13) с учетом цилиндричности по координате τ состоит из двух отрезков прямых с одним промежуточным переносом ИТД по координате τ при $\theta = \theta_3$. Поэтому условиями существования траектории (13) в режиме ИФД являются неравенства $\theta(\tau = 1), \theta_3 < 1$.

Разрешая указанные неравенства относительно параметра α , находим, что их можно представить в виде неравенств $\alpha > \alpha_3(\tau_0)$ и $\alpha < \alpha_4(\tau_0)$ соответственно, где

$$\alpha_3(\tau_0) = g(u(\tau_0))(1 - \tau_0) \quad (0 \leq \tau_0 \leq 1), \quad (14)$$

$$\alpha_4(\tau_0) = g(u(\tau_0))(2 - \tau_0) \quad (0 \leq \tau_0 \leq 1). \quad (15)$$

Границы $\alpha = \alpha_3(\tau_0)$, $\alpha = \alpha_4(\tau_0)$, в полу-полосе $0 \leq \tau_0 \leq 1$, $\alpha > 0$ образуют три области G_1 , G_2 , G_3 . Для точек (τ_0, α) средней области G_2 режим ИФД сохраняется и

после появления в момент $\tau = \bar{\tau}$ импульса С. Фазовая траектория (13) при этом порождает отображение

$$\bar{\tau} = \tau_0 + (\alpha / g(u(\tau_0))) - 1$$

$$T_{22} : (\tau_0, \bar{\tau} \in \Pi_2, \alpha_3(\tau_0) < \alpha < \alpha_4(\tau_0)). \quad (16)$$

Если τ_0 на плоскости τ_0, α лежит в области G_1 , соответствующей неравенству $\alpha < \alpha_3(\tau_0)$, то реализуется случай двух импульсов ОС и КИЧФД переходит в режим ЧД с $u(\tau) = \underline{u}$, порождая отображение

$$T_{21} : \bar{\tau} = \tau_0 + (\alpha / g(u(\tau_0))), \quad (17)$$

и при этом точка $\theta_0 = 0, \tau_0 = \bar{\tau}$ становится начальной точкой движения в Π_1 .

Если τ_0 на плоскости τ_0, α лежит в области G_3 , соответствующей неравенству $\alpha > \alpha_4(\tau_0)$, то реализуется случай двух импульсов ОС и КИЧФД

переходит в режим ЧД с $u(\tau) = \bar{u}$, порождая отображение

$$\bar{\theta} = (1 / \alpha) g(u(\tau_0)) (2 - \tau_0)$$

$$T_{23} : (\tau_0 \in \Pi_2, \bar{\theta} \in \Pi_3, \alpha > \alpha_4(\tau_0)). \quad (18)$$

При этом точка $\theta_0 = \bar{\theta}, \tau_0 = 0$ становится начальной точкой движения в Π_3 .

Исследование математической модели системы

Отображение T_{22} , определяющее динамику СЧ в режиме ИФД, имеет единственную неподвижную точку (см. рисунок 1).

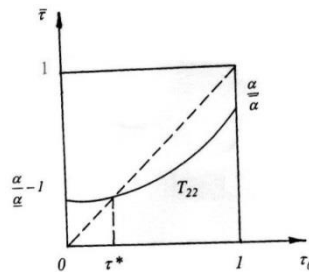


Рисунок 1. Примерный вид функции последования отображения T_{22} ,

Подставляя в (16) условие $\tau_0 = \bar{\tau} = \tau^*$, находим, что для линейной характеристики (2) ПГ

$$\alpha = \alpha(\tau^*) = g(u(\tau^*)) = 1 - S[(\bar{u} - \underline{u})\tau^* + \underline{u}]. \quad (19)$$

График функции $\alpha = \alpha(\tau^*)$ (19) удовлетворяет при $0 \leq \tau^* \leq 1$ системе неравенств $\alpha_3(\tau^*) < \alpha < \alpha_4(\tau^*)$ и, следовательно, неподвижная точка $\tau_0 = \tau^*$ существует во всей полосе удержания, т.е. при $\underline{\alpha} < \alpha < \bar{\alpha}$.

Неравенства $\tau^* > 0, \tau^* < 1$ и $g(\underline{u}) > 0$ определяют на плоскости α, S треугольную область существования синхронного режима и невырожденности ($g(\underline{u}) > 0$) характеристики ПГ

$$0 < \frac{1 - \alpha}{|\underline{u}|}, \frac{1 - \alpha}{\bar{u}} < S < \frac{1}{|\underline{u}|}. \quad (\underline{u} < 0, \bar{u} > 0) \quad (20)$$

Из вида ФП (16) следует, что условие устойчивости неподвижной точки $\tau_0 = \tau^*$ $|d\bar{\tau} / d\tau_0(\tau_0 = \tau^*)| < 1$ нарушается на границе

$$N_- : S = 2\alpha / (\bar{u} - \underline{u}), \quad (21)$$

Которая отсекает от треугольной области существования (20) ее левую верхнюю часть (в сторону уменьшения α и увеличения S). Тем самым определена область существования и устойчивости в «малом» неподвижной точки $\tau_0 = \tau^*$ в режиме ИФД.

С целью реализации возможности качественного анализа устойчивости в «большом» неподвижной точки $\tau_0 = \tau^*$ представим в квадранте $\alpha, S > 0$ наряду с границами области

(20) существования и невырожденности границы $\gamma_1 : \alpha = 2\underline{\alpha}$, $\gamma_2 : \alpha = \max_{\tau_0} \alpha_3(\tau_0)$, $\gamma_3 : \alpha = \min_{\tau_0} \alpha_4(\tau_0)$.

Тогда в каждой из трех образующихся подобластей области существования и невырожденности оказывается определена конкретная группа точечных отображений. Так в части области существования над границей γ_1 (в сторону больших значений S) достаточно воспользоваться представлением графиков отображений T_{23} , T_{33} , T_{32} и T_{22} . При этом отображения T_{23} , T_{33} , T_{32} представлять на одной комбинированной диаграмме. В первом квадранте диаграммы следует отождествлять ось абсцисс с осью θ_0 . Тогда в интервале $0 \leq \theta_0 \leq \theta_{01}$ следует представить график отображения T_{33} , причем величины $\bar{\theta}$ следует указывать на оси ординат. В интервале $\theta_{01} \leq \theta_0 \leq 1$ следует представить график ФП отображения T_{32} , причем величины $\bar{\tau}$ следует указывать на оси ординат. В четвертом квадранте следует представить график ФП T_{23} (см. рисунок 2). При этом величины τ_0 следует представлять на оси ординат, направленной вниз, а величины $\bar{\theta}$ отображения указывать на оси абсцисс. При таком подходе предоставляется возможность качественного формирования графика ФП произведения $T_{32} T_{33}^k T_{23}$, где k – степень, определяемая при построении. При указанном подходе представляется возможность убедиться, что отображение T_{32} играет роль ловушки, из которой величина $\bar{\tau}$ ИТД поступает в интервал определения отображения T_{22} .

Таким образом, можно качественно сформировать графики ФП в квадранте $\tau_0, \bar{\tau} > 0$. При этом в интервале $\tau_{0-} \leq \tau_0 \leq 1$ представлен график отображения T_{22} , а в интервале $0 \leq \tau_0 \leq \tau_{0-}$ сформированный график произведения $T_{32} T_{33}^k T_{23}$, т.е. предоставляется возможность качественного исследования процессов в СЧ в «большом». (Отметим, что график произведения указанных отображений напоминает собой неравномерную пилу, располагающуюся по высоте в диапазоне $(2\alpha/\bar{\alpha}) - 1 \leq \bar{\tau} \leq \alpha/\bar{\alpha}$ – см. рисунок 3. График ФП отображения T_{22} имеет монотонно убывающий характер и располагается при $\tau_{0-} \leq \tau_0 \leq 1$ в верхней части квадрата.)

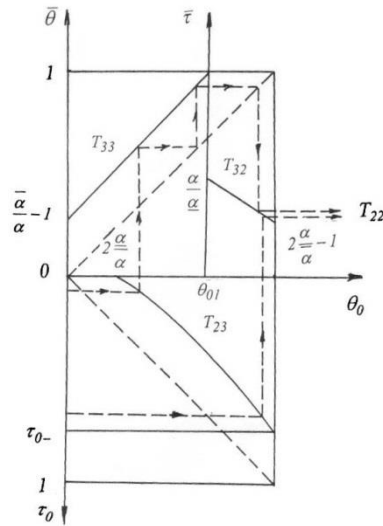


Рисунок 2. Способ качественного графического построения ФП произведения $T_{32} T_{23}$.

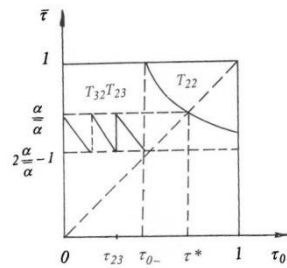


Рисунок 3. Примерный график произведения отображений $T_{32} T_{33}^k T_{23}$.

Заключение

Непосредственно из вида графиков ФП ясно, что если точка $(\tau_{0-}, 2\alpha / \bar{\alpha} - 1)$ лежит выше биссектрисы координатного угла $\tau_0, \bar{\tau} > 0$, то итерации с течением времени приводят в режим ИФД, обеспечивая глобальную устойчивость неподвижной точки отображения T_{22} . Если указанная точка лежит ниже биссектрисы, что реализуется при больших S , то произведение отображений $T_{32} T_{23}$ имеет неподвижную точку. Последнее означает либо потерю глобальной устойчивости неподвижной точки $\tau_0 = \tau^*$ режима ИФД, либо увеличение длительности переходных процессов вследствие прохождения ИТД в окрестности неустойчивой неподвижной точки седлового типа [5].

1. Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем. Труды седьмой Всероссийской научно-практической конференции Ульяновск. Изд. УлГУ. 2011.
2. Левин В. А. Малиновский В. Н., Романов С. К. Синтезаторы частоты. М.: Радио и связь, 1989.
3. Антоновская, О. Г., Горюнов В. И. Метод точечных отображений в исследовании синтезаторов частот. – Гамбург: LAP Lambert Academic Publishing, 2014.
4. Антоновская О. Г., Горюнов В. И. Моделирование процесса склейки фазовых траекторий в системе с комбинированным частотно-фазовым управлением. // Известия института математики и информатики УдГУ. 2015. № 2(46). С. 6-12.
5. Горюнов В. И., Ерусланов В. Н., Лобашов Н. И. Техническая полоса захвата одноконтурного синтезатора частоты. Техника средств связи. Сер. Техника радиосвязи. № 2. С. 88-94.

Артеха С.Н.

Метод скрытых параметров и параметрическое решение некоторых диофантовых уравнений*Институт космических исследований РАН
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-513

Аннотация

Параметрические решения для некоторых диофантовых уравнений с двумя переменными помогает найти метод скрытых параметров. Суть метода состоит в следующем. Для искомого уравнения, записанного в общем буквенном виде, мы сначала для каждой величины вводим дополнительное число параметров с помощью линейной или нелинейной их комбинации. Эти добавочные переменные позволяют найти связи между некоторыми параметрами и параметрическое решение искомого уравнения. Затем мы обнуляем введённую дополнительную зависимость, что для исходного уравнения означало бы всего лишь замену буквенного обозначения всех величин. Тем не менее, в результате получается упрощённое параметрическое решение и сохраняется найденная связь между параметрами. По сути, мы находим параметрическую связь исходного уравнения и более простого уравнения $ax-by = 1$. Другой метод нахождения параметрической связи - возведение данного простейшего уравнения в соответствующую степень. В работе метод применён для параметрического решения таких диофантовых уравнений, как уравнение Пелля и родственных ему уравнений старших степеней. Также обсуждается параметризация для уравнения Делоне, уравнения Нагеля и аналогичных уравнений.

Ключевые слова: диофантовы уравнения, параметризация, уравнение Пелля, уравнение Делоне, уравнение Нагеля.

Abstract

The hidden parameter method helps to find parametric solutions for some Diophantine equations in two variables. The essence of the method is as follows. For the required equation, written in general literal form, we first introduce for each quantity an additional number of parameters using a linear or nonlinear combination of them. These additional variables make it possible to find relations between certain parameters and to find a parametric solution to the desired equation. Then we reset (to zero) the introduced additional dependence, which for the original equation would simply mean replacing the letter designation of all quantities. However, the result is a simplified parametric solution and the found relationship between the parameters (hidden parameters) is preserved. In essence, we find a parametric connection between the original equation and the simpler equation $ax-by = 1$. Another method of finding a parametric relationship is to raise the given simplest equation to the appropriate power. In this work, the method is used for the parametric solution of such Diophantine equations as the Pell equation and related equations of higher degree. Parameterizations for the Delaunay equation, Nagel's equation, and similar equations are also discussed.

Keywords: diophantine equations, parameterization, Pell equation, Delaunay equation, Nagell equation.

Введение

В статье [1] для решения уравнения Пелля в натуральных числах был предложен метод скрытых параметров. Для сокращения времени численных расчётов в указанной работе был проведён ряд упрощений для пяти различных частных случаев, на которые можно разбить общую задачу. В данной работе нас не интересует сокращение алгоритма расчётов для частных случаев. Напомним сущность метода для его дальнейшего применения с целью получения параметрических представлений для решений некоторых задач теории чисел. Вместо каждой величины, входящей в исходное уравнение, мы вводим дополнительное число параметров с

помощью линейной или нелинейной функции, что позволяет найти связи между параметрами и некоторое параметрическое решение искомого уравнения. Затем мы можем обнулить введённую дополнительную линейную или нелинейную зависимость (по сути, скрытые параметры), что в первоначальной постановке задачи означало бы всего лишь замену буквенного обозначения параметров. Однако в результате этих действий получается упрощённое параметрическое решение и остаётся найденная связь между параметрами. Но можем и не обнулять введённые дополнительные параметры, тогда решение получается более громоздким, с большим числом параметров, но захватывающее большее число параметрических решений. Как результат, мы находим параметрическую связь между решением исходного уравнения и более простого уравнения $ax - by = \pm 1$. Мы подробно продемонстрируем решение уравнения Пелля способом, отличным от применённого в [1].

Основная цель данной статьи – развить предложенный метод в наиболее общем виде, в том числе, применить его для диофантовых уравнений [2-9], в том числе старших степеней, таких как уравнение Делоне, уравнение Нагеля и аналогичных уравнений и получить при этом параметрические представления для их решений.

1. Уравнение Пелля и родственные вопросы

Мы рассмотрим другое непосредственное представление решения уравнения Пелля

$$Ax^2 + 1 = y^2 \quad (1)$$

для случая

$$A = p_{01}p_{02}, \quad x = 2fg, \quad (2)$$

где все введённые для разбиения на множители переменные обозначают некоторые взаимно простые числа (они могут оказаться любыми: и простыми, и составными и единицей). Переписываем (1) в виде системы уравнений

$$\begin{aligned} y + 1 &= 2p_{01}f^2, \\ y - 1 &= 2p_{02}g^2, \end{aligned} \quad (3)$$

из которой можно взять любое из двух выражений для величины y и записать следующее условие:

$$p_{01}f^2 - p_{02}g^2 = 1. \quad (4)$$

Если при фиксированных величинах f и g (т.е. при фиксированной величине x) мы находим одно решение (4), то мы будем знать все значения A (их бесконечное количество), для которых эта же величина x тоже будет решением:

$$A^i = p_1^i p_2^i, \quad p_1^i = p_{01} + ig^2, \quad p_2^i = p_{02} + if^2, \quad i \in \mathbb{Z}. \quad (5)$$

Сделаем в (4) линейные подстановки:

$$p_{01} = ak + b, \quad p_{02} = ck + d, \quad f = rk + s, \quad g = tk + u. \quad (6)$$

Сгруппируем получившееся уравнение по степеням k , и чтобы оно выполнялось при любых значениях k , приравняем нулю каждое выражение при соответствующей степени k . Для разрешения получившейся системы трёх уравнений при старших степенях в целых числах делаем подстановки $t = zt_0$, $r = zr_0$ и получаем решение:

$$a = 2zr_0t_0^3, \quad b = t_0^2(3ur_0 - st_0), \quad c = 2zr_0^3t_0, \quad d = r_0^2(3st_0 - ur_0), \quad (7)$$

а из уравнения системы при нулевой степени k следует условие:

$$ur_0 - st_0 = 1. \quad (8)$$

Таким образом, мы получили связь уравнения (1) для случая (2) с простейшим линейным уравнением (8). Заметим, что полученное решение верно при любых k , в том числе и

при $k=0$. Хотя в этом частном случае наши подстановки (6) означали бы лишь простое переобозначение переменных (скрытые параметры).

Если при фиксированных значениях u и s мы находим решение уравнения (8) r_0 и t_0 , то решениями будут также числа

$$r_j = r_0 + js, \quad t_j = t_0 + ju, \quad j \in Z \quad (9)$$

Тогда окончательная связь между решением уравнения (8) и решением (2) уравнения (1) выглядит следующим образом:

$$x = 2((r_0 + js)k + s)((t_0 + ju)k + u), \quad (10)$$

$$A = \left(2k(r_0 + js)(t_0 + ju)^3 + (t_0 + ju)^2(3u(r_0 + js) - s(t_0 + ju)) + i((t_0 + ju)k + u)^2 \right) \times \\ \times \left(2k(r_0 + js)^3(t_0 + ju) + (r_0 + js)^2(3s(t_0 + ju) - u(r_0 + js)) + i((r_0 + js)k + s)^2 \right) \quad (11)$$

Здесь i, j, k - произвольные целые числа. Впрочем, заметим, что существуют и некоторые рациональные числа, приводящие к натуральным значениям x, A . (Так можно поступать, если нас интересует вопрос, для каких значений A некоторое фиксированное значение x является решением.)

Можно выписать другое решение, если, напротив, зафиксировать r_0 и t_0 и найти решения u_0 и s_0 уравнения (8); решениями будут также числа

$$u_j = u_0 + jt_0, \quad s_j = s_0 + jr_0, \quad j \in Z \quad (12)$$

В результате, ещё одна окончательная связь между решением уравнения (8) и решением (2) уравнения (1) выглядит следующим образом:

$$x = 2(r_0k + s_0 + jr_0)(t_0k + u_0 + jt_0), \quad (13)$$

$$A = \left(2kr_0t_0^3 + t_0^2(3(u_0 + jt_0)r_0 - (s_0 + jr_0)t_0) + i(t_0k + u_0 + jt_0)^2 \right) \times \\ \times \left(2kr_0^3t_0 + r_0^2(3(s_0 + jr_0)t_0 - (u_0 + jt_0)r_0) + i(r_0k + s_0 + jr_0)^2 \right) \quad (14)$$

Здесь i, j, k - опять произвольные целые числа (но существуют и некоторые рациональные числа, приводящие к натуральным значениям x, A).

В качестве решения уравнения (8) можно выбрать любое тождество, например:

$$n_1 \cdot n_1 n_2^2 - (n_1 n_2 - 1) \cdot (n_1 n_2 + 1) \equiv 1 \quad (15)$$

Или более общие тождества, например:

$$\left[\begin{array}{l} n_1^k - (n_1 - 1)(n_1^{k-1} + \dots + 1) \equiv 1 \\ (n_2 + 1)(n_2^{2k} - \dots + 1) - n_2^{2k+1} \equiv 1. \end{array} \right. \quad (15^*)$$

Выбирая, какой из множителей в тождестве (15) (или любом аналогичном тождестве, например, (15*)) приписать какой переменной в (8) и подставляя в ответы (10), (11) или (13), (14), получаем параметрические решения уравнений Пелля. При подстановке набора из конкретных числовых параметров в получающуюся тождественную формулу, некоторые решения могут повторяться, также для конкретного A могут появляться несколько разных решений (разумеется, не все эти решения оказываются примитивными - с минимальным ненулевым натуральным x). Последовательное заполнение таблицы решений идёт довольно быстро.

Аналогичным подходом можно получить параметрические решения не только для чётных решений x из (2), но и для нечётных $x = fg$, что в совокупности покрывает все возможные решения. В этом частном случае в уравнении (4) справа будет стоять число 2, а все решения в (7) надо удвоить. Тогда уравнение (8) оказывается неизменным. Все подстановки сохраняют прежний вид, а соответствующие аналогичные решения будут:

$$x = ((r_0 + js)k + s)((t_0 + ju)k + u),_{(10^*)}$$

$$A = \left(4k(r_0 + js)(t_0 + ju)^3 + 2(t_0 + ju)^2(3u(r_0 + js) - s(t_0 + ju)) + i((t_0 + ju)k + u)^2 \right) \times \\ \times \left(4k(r_0 + js)^3(t_0 + ju) + 2(r_0 + js)^2(3s(t_0 + ju) - u(r_0 + js)) + i((r_0 + js)k + s)^2 \right),_{(11^*)}$$

$$x = (r_0k + s_0 + jr_0)(t_0k + u_0 + jt_0),_{(13^*)}$$

$$A = \left(4kr_0t_0^3 + 2t_0^2(3(u_0 + jt_0)r_0 - (s_0 + jr_0)t_0) + i(t_0k + u_0 + jt_0)^2 \right) \times \\ \times \left(4kr_0^3t_0 + 2r_0^2(3(s_0 + jr_0)t_0 - (u_0 + jt_0)r_0) + i(r_0k + s_0 + jr_0)^2 \right),_{(14^*)}$$

Условие будет совпадать с уравнением (8) и все последующие подстановки, например, из тождества (15), (15^{*}) или аналогичных тождеств, полностью сохраняют силу.

Аналогично, с помощью линейных подстановок можно искать решение уравнения

$$ax^2 - by^2 + cxy = n$$

с заданной правой частью и фиксированным одним из коэффициентов в левой части.

Перейдём теперь к уравнениям старших степеней. Если уравнение может быть сведено к уравнению типа (4) с линейными коэффициентами, то дальнейшее его решение элементарно. Пусть, например, в уравнении будет присутствовать одинаковая степень n :

$$p_{01}f^n - p_{02}g^n = 1,_{(16)}$$

К такому уравнению сводится, например, решение уравнения

$$Ax^n + 1 = y^2,_{(17)}$$

для случаев

$$x = 2fg, \begin{cases} A = p_{01}^*p_{02}, p_{01} = 2^{n-1}p_{01}^* \\ A = p_{01}p_{02}^*, p_{02} = 2^{n-1}p_{02}^* \end{cases},_{(18)}$$

где все введённые для разбиения на множители переменные обозначают некоторые взаимно простые числа. Как и для квадратичных уравнений, к решению уравнения (16) легко свести и поиск нечётных решений x .

Если при фиксированных величинах f и g мы находим одно (любое) решение (16), то мы будем знать все решения (все значения этих величин):

$$p_1^i = p_{01} + ig^n, p_2^i = p_{02} + if^n, i \in Z,_{(19)}$$

Для нахождения решения можно сделать в (16) следующие подстановки:

$$p_{01} = b + \sum_{j=1}^{n-1} a_j k^j, p_{02} = d + \sum_{j=1}^{n-1} c_j k^j, f = rk + s, g = tk + u,_{(20)}$$

Далее надо сгруппировать получившееся уравнение по степеням k , и чтобы оно выполнялось при любых значениях k , приравнять нулю каждое выражение при соответствующей степени k . После этого решается система линейных уравнений относительно всех коэффициентов p_{01} и p_{02} .

Однако, для нахождения одного решения (ведь этого достаточно) можно поступить проще. Если мы хотим найти связь между решениями уравнения (16) и уравнения

$$uf - sg = 1, (21)$$

то мы возводим последнее уравнение в степень $2n - 1$ и получаем искомые величины:

$$\begin{cases} p_{01} = u^{2n-1} f^{n-1} - C_{2n-1}^1 u^{2n-2} f^{n-2} sg + \dots + (-1)^{n-1} C_{2n-1}^{n-1} u^n s^{n-1} g^{n-1}, \\ p_{02} = -s^{2n-1} g^{n-1} + C_{2n-1}^1 ufs^{2n-2} g^{n-2} - \dots + (-1)^n C_{2n-1}^{n-1} u^{n-1} f^{n-1} s^n, \end{cases} (22)$$

записанные через коэффициенты разложения бинома Ньютона с учётом симметрии коэффициентов. Выбор в качестве решений уравнения (21) некоторых тождеств, например, типа (15) или (15*) позволяет записать решения уравнений (16) в параметрическом виде.

Аналогичным образом можно действовать в случае уравнения с разными степенями:

$$p_{01}f^n - p_{02}g^k = 1. (23)$$

При фиксированных величинах f и g (зная одно решение) все решения имеют вид:

$$p_1^i = p_{01} + ig^k, \quad p_2^i = p_{02} + if^n, \quad i \in Z, (24)$$

а связь с решениями уравнения (21) после возведения в степень $n + k - 1$ даётся выражениями:

$$\begin{cases} p_{01} = u^{n+k-1} f^{k-1} - C_{n+k-1}^1 u^{n+k-2} f^{k-2} sg + \dots + (-1)^{k-1} C_{n+k-1}^{k-1} u^n s^{k-1} g^{k-1}, \\ p_{02} = (-1)^{n+k-1} s^{n+k-1} g^{n-1} + (-1)^{n+k-2} C_{n+k-1}^1 ufs^{n+k-2} g^{n-2} + \dots + (-1)^k C_{n+k-1}^k u^{n-1} f^{n-1} s^k, \end{cases} (25)$$

записанными через коэффициенты разложения бинома Ньютона. Опять, выбирая в качестве решений уравнения (21) некоторых тождеств, например, типа (15) или (15*), мы можем записать решения уравнений (23) в параметрическом виде.

Таким образом, если в исходное уравнение пара коэффициентов входит линейно (или к подобному уравнению можно свести первоначальное уравнение), то легко найти связь этого уравнения с линейным уравнением типа (21) и получить параметрические решения в символьном виде (в принципе, охватить все решения). Если же коэффициент один или коэффициенты входят нелинейным образом, то задача может усложниться.

3. Уравнение Делоне

Запишем уравнение Делоне в целых числах:

$$x^3 + By^3 = 1 (26)$$

Рассмотрим случай, когда u и B не делятся на 3, и запишем произвольное разбиение на взаимно простые множители:

$$B = p_{01}p_{02}, \quad y = fg. (27)$$

В результате имеем систему уравнений, где левые части уравнений взаимно просты (случай, когда они имеют общий делитель 3, рассматривается совершенно аналогично):

$$\begin{cases} x - 1 = p_{01}f^3 \\ x^2 + x + 1 = p_{02}g^3. \end{cases} (28)$$

Умножив второе уравнение на 4, перепишем его в виде:

$$(2x + 1)^2 + 3 \cdot 1^2 = 4p_{02}g^3. (29)$$

Поскольку существует однозначная процедура деления для формы вида

$$X^2 + 3 \cdot Y^2,$$

то в таком виде должны быть представимы все делители в правой части (29):

$$p_{02} = a^2 + 3b^2, \quad g = q^2 + 3s^2. \quad (30)$$

Подставляя данные выражения и выражение x из первого уравнения системы (28) в уравнение (29), получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \pm \{2p_{01}f^3 + 3\} = A_0q[q^2 - 9s^2] \mp 9B_0s[q^2 - s^2], \\ \pm 1 = B_0q[q^2 - 9s^2] \pm 3A_0s[q^2 - s^2], \end{cases} \quad (31)$$

где знаки в правых частях двух уравнений системы (31) согласованы между собой, знаки \pm в левых частях обоих уравнений совершенно произвольные (каждый ни от чего не зависит), а также введены обозначения с согласованными знаками

$$A_0 = a \mp 3b, \quad B_0 = a \pm b. \quad (32)$$

Включим в правых частях системы (31) знак \mp в величину s , тогда в первом уравнении (31) справа будет стоять знак (+), а во втором уравнении справа будет стоять знак (-). Включим также левый знак \pm первого уравнения (31) в определение величины f . В результате перепишем систему (31) в виде:

$$\begin{cases} A_0q[q^2 - 9s^2] + 9B_0s[q^2 - s^2] - 2p_{01}f^3 = \pm 3, \\ B_0q[q^2 - 9s^2] - 3A_0s[q^2 - s^2] = \pm 1. \end{cases} \quad (31^*)$$

Если при заданных значениях q и s из второго уравнения (31^{*}) известно одно произвольное решение A_0 и B_0 , то можно записать все подобные решения:

$$A_i = A_0 + i(q^3 - 9qs^2), \quad B_i = B_0 + i(3q^2s - 3s^3), \quad i \in Z, \quad (33)$$

а из (32) можно выразить a и b , т.е. найти все возможные значения p_{02}^i .

Ищем решение второго уравнения системы (31^{*}) в виде:

$$q = hk + q_0, \quad s = jk + s_0, \quad A_0 = gk^2 + rk + t, \quad B_0 = mk^2 + ck + d, \quad k \in N. \quad (34)$$

Сгруппируем получившееся уравнение по степеням k , и чтобы оно выполнялось при любых значениях k , приравняем нулю каждое выражение при соответствующей степени k . Разрешаем получившуюся систему шести уравнений в целых числах относительно переменных g, r, t, m, c, d и находим интересующие нас величины A_0 и B_0 . Чтобы они были целыми числами, буквенное выражение в знаменателе этих величин приравняем ± 1 и примем за некоторое искомое условие. При этом для сокращения тройки в знаменателе A_0 необходимо положить $h = 3h_0$. Любой другой выбор приводил бы к противоречию с искомым условием при сравнении по модулю 3. С учётом этой подстановки итоговое искомое условие запишем следующим образом:

$$jq_0 - 3h_0s_0 = \pm 1. \quad (35)$$

В результате получаются следующие значения:

$$A_0 = \frac{81h_0^3k^2}{8}(9h_0^4 - 3h_0^2j^2 - 5j^4) + \frac{27k}{8}(18h_0q_0 + 15h_0^4j^2q_0 - j^6q_0 - 63h_0^5js_0 - 30h_0^3j^3s_0 - 3h_0j^5s_0) +$$

$$+\frac{9}{8}\left(9h_0^5q_0^2+10h_0^3j^2q_0^2+5h_0j^4q_0^2-15h_0^4jq_0s_0-30h_0^2j^3q_0s_0-3j^5q_0s_0-72h_0^5s_0^2\right),$$

$$(36)$$

$$B_0 = \frac{9jk^2}{8}\left(81h_0^6+45h_0^4j^2+3h_0^2j^4-j^6\right)+$$

$$+\frac{9k}{8}\left(27h_0^5jq_0+30h_0^3j^3q_0+7h_0j^5q_0+81h_0^6s_0-15h_0^2j^4s_0-2j^6s_0\right)+$$

$$+\frac{1}{8}\left(8j^5q_0^2+243h_0^5s_0q_0+270h_0^3j^2s_0q_0+15h_0j^4s_0q_0-405h_0^4js_0^2-90h_0^2j^3s_0^2-9j^5s_0^2\right). (37)$$

Для всех параметров можно проверить все возможные остатки по модулю 8 и определить те линейные последовательности, при которых выражения (36) и (37) становятся целыми числами (сокращается число 8 в знаменателе). Мы не будем выписывать все последовательности, так как их довольно много. Заметим, что в методе скрытых параметров нам вполне можно ограничиться случаем $k=0$, $q=q_0$, $s=s_0$, ведь нам достаточно было найти хотя бы одно решение.

Подставим вместо величин A_0 и B_0 произвольное решение (33) в первое уравнение системы (31^{*}):

$$i\left(q^2+3s^2\right)^3-2p_{01}f^3=A_0q\left[9s^2-q^2\right]+9B_0s\left[s^2-q^2\right]\pm 3. (38)$$

В этом уравнении правая часть фиксирована, так как q и s заданы, а величины A_0 и B_0 найдены в (36) и (37). В левой части уравнения (38) будут задаваться величины f , q и s . Общее решение (38) можно записать так:

$$\begin{cases} i^u = I_0\left(A_0q\left[9s^2-q^2\right]+9B_0s\left[s^2-q^2\right]\pm 3\right)+2uf^3, & u \in Z, \\ p_{01}^u = P_0\left(A_0q\left[9s^2-q^2\right]+9B_0s\left[s^2-q^2\right]\pm 3\right)/2+u\left(q^2+3s^2\right)^3, \end{cases} (39)$$

где величины I_0 и P_0 (опять нам достаточно найти одно решение) находятся из условия:

$$I_0\left(q^2+3s^2\right)^3-P_0f^3=1. (40)$$

Решение этого уравнения

$$\begin{cases} P_0 = w^3\left(w^2f^2-5wfQv+10Q^2v^2\right), \\ I_0 = v^3\left(Q^2v^2-5Qvwf+10w^2f^2\right), \end{cases} (41)$$

где введено обозначение

$$Q = q^2 + 3s^2, (42)$$

можно записать через решение более простого уравнения:

$$v\left(q^2+3s^2\right)-wf=1. (43)$$

Таким образом, окончательно получаем следующую методику записи нетривиальных параметрических решений для уравнения Делоне. Задавая q_0 и s_0 , мы находим из уравнения (35) значения величин j и h_0 , а из равенств (36) и (37) находим величины A_0 и B_0 . С помощью

подстановок (33) мы находим все величины A_i и B_i , а из системы (32) следуют все возможные a_i и b_i , следовательно, мы получили все возможные значения P_{02}^i и g^k . Далее, задавая величину f , мы находим из уравнения (43) величины v и w . Первое выражение в (41) даёт величину P_0 , а из второго выражения (39) находим все возможные значения P_{01}^u . В итоге для данного значения u мы нашли все возможные значения B из (27). Соответствующие значения x находятся из первого уравнения (28).

Заметим, что знание решения уравнения (35) позволяет найти другую, бесконечную последовательность нетривиальных решений:

$$\begin{cases} q_n = q_0 + 3nh_0, \\ s_n = s_0 + nj, \quad n \in \mathbb{Z}, \end{cases} \quad (44)$$

а далее действуем по методике, описанной в предыдущем абзаце.

В обоих подходах заполнение таблицы нетривиальных решений для разных значений B происходит элементарно. Заметим, что для параметрического представления решений уравнения Делоне легко искать решения (35) в виде тождеств, но найти одновременно также тождественные представления для решений уравнения (43) может оказаться затруднительно.

4. Уравнение Нагеля

Запишем уравнение Нагеля в целых числах:

$$x^4 - By^4 = \pm 1. \quad (45)$$

Здесь мы рассмотрим случай с верхним знаком $+$ и запишем произвольное разбиение на взаимно простые множители:

$$B = P_{01}P_{02}, \quad y = fg. \quad (46)$$

Для случая всех нечётных множителей в результате имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} x^2 - 1 = P_{01}f^4, \\ x^2 + 1 = P_{02}g^4. \end{cases} \quad (47)$$

Поскольку существует однозначная процедура деления для формы вида

$$X^2 + Y^2,$$

то в таком виде должны быть представимы все делители в правой части второго уравнения системы (47):

$$P_{02} = a^2 + b^2, \quad g = q^2 + s^2 \quad (48)$$

Подставляя данные выражения во второе уравнение системы (47), получаем следующее решение x и условие:

$$\begin{cases} x = 4aqs(q^2 - s^2) \pm b \left[(q^2 - s^2)^2 - (2qs)^2 \right], \\ a \left[(q^2 - s^2)^2 - (2qs)^2 \right] \mp 4bqs(q^2 - s^2) = \pm 1. \end{cases} \quad (49)$$

Здесь знаки в левой части условия согласованы со знаками в решении, а знаки в правой части условия совершенно произвольные (каждый не зависит ни от чего).

Если при заданных значениях q и s из второго уравнения (49) известно одно произвольное решение a_0 и b_0 , то можно записать все подобные решения:

$$a_i = a_0 \pm 4iqs(q^2 - s^2), \quad b_i = b_0 + i \left[(q^2 - s^2)^2 - (2qs)^2 \right], \quad i \in \mathbb{Z} \quad (50)$$

из первого решения (49) получаем все возможные x_i , а из (48) можно найти все возможные значения P_{02}^i . Решить второе уравнение (49) можно методом скрытых параметров: задавая величины q и s в виде линейных зависимостей по k , а величины a и b искать в виде квадратичных зависимостей; а затем отдельно приравнять нулю полученные выражения при разных степенях k (после нахождения решения можно выбрать $k = 0$). В результате получается следующее решение:

$$a_0 = \frac{p^7 s^3 - q^3 r^7 + qrs^2(7p^6 + 35p^4 r^2 + 21p^2 r^4 + 5r^6) - pq^2 s(5p^6 + 21p^4 r^2 + 35p^2 r^4 + 7r^6)}{4}, \quad (51)$$

$$b_0 = \frac{\pm 1}{16} \left[pq^3(5p^6 + 21p^4 r^2 + 35p^2 r^4 + 35r^6) - q^2 rs(7p^6 + 35p^4 r^2 + 105p^2 r^4 + 29r^6) - pq s^2(29p^6 + 105p^4 r^2 + 35p^2 r^4 + 7r^6) + rs^3(35p^6 + 35p^4 r^2 + 21p^2 r^4 + 5r^6) \right] \quad (52)$$

В последнем выражении знаки \mp согласованы с первым выражением в (49) и выражением (50). Величины p и r находятся из следующего условия:

$$ps - qr = \pm 1, \quad (53)$$

в котором знаки справа совершенно произвольные.

Вводим обозначения:

$$h = 4qs(q^2 - s^2), \quad d = (q^2 - s^2)^2 - (2qs)^2, \quad m = h^2 \pm d^2, \quad N = a_0 h \pm b_0 d. \quad (54)$$

В результате запишем решение в виде:

$$x_i = N + im, \quad P_{02}^i = a_i^2 + b_i^2. \quad (55)$$

Однако нам надо ещё согласовать это решение с первым уравнением системы (47), из которого можно получить два уравнения:

$$\begin{cases} x - 1 = P_{11} f_1^4, & f = f_1 f_2, \\ x + 1 = P_{12} f_2^4, & P_{01} = P_{11} P_{12}. \end{cases} \quad (56)$$

Вычитая из второго уравнения (56) первое уравнение, получаем:

$$P_{12} f_2^4 - P_{11} f_1^4 = 2. \quad (57)$$

Решение этого уравнения в общем виде будет:

$$\begin{cases} P_{12}^j = 2P_{12}^0 + jf_1^4, \\ P_{11}^j = 2P_{11}^0 + jf_2^4, \end{cases} \quad (58)$$

где $j \in \mathbb{Z}$ и

$$\begin{cases} P_{12}^0 = 35c^4 f_1^3 r^3 - 21c^5 f_1^2 f_2 r^2 + 7c^6 f_1 f_2^2 r - c^7 f_2^3, \\ P_{11}^0 = 35c^3 f_2^3 r^4 - 21c^2 f_1 f_2^2 r^5 + 7c f_1^2 f_2 r^6 - r^7 f_1^3, \end{cases} \quad (59)$$

а величины c и r находятся из условия:

$$rf_1 - cf_2 = 1. \quad (60)$$

Из первого уравнения (56) следует, что

$$x_j = 1 + 2P_{11}^0 f_1^4 + j f_1^4 f_2^4. \quad (61)$$

Теперь нам надо согласовать решения (61) и (55), т.е. найти такие величины i и j , при которых получаются одинаковые решения x . Вводя обозначения

$$E = 1 + 2P_{11}^0 f_1^4 - N, \quad F = f_1^4 f_2^4 \quad (62)$$

и приравнявая (61) и (55), получаем уравнение

$$im - jF = E, \quad (63)$$

решением которого в общем виде (при $E \neq 0$) будет система:

$$\begin{cases} i = Ei_0 + nF, \\ j = Ej_0 + nM, \end{cases} \quad (64)$$

$n \in Z$, а величины i_0 и j_0 могут быть найдены из условия:

$$i_0 m - j_0 F = 1. \quad (65)$$

Если же оказывается, что $E = 0$, то в этом частном случае $i = F, j = m$.

Таким образом, окончательно сформулируем алгоритм записи параметрических цепочек решений для уравнения Нагеля:

- I. Мы задаём произвольные величины q и s и находим из уравнения (53) величины p и r (на этом этапе можно даже использовать тождественные подстановки).
- II. Затем из выражений (51) и (52) получаем величины a_0 и b_0 , а из определений (54) вычисляем величины h, d, m и N .
- III. Задавая произвольные значения f_1 и f_2 , находим из уравнения (60) величины r и c , а из выражений (59) находим величины P_{11}^0 и P_{12}^0 .
- IV. Используя определения (62) и решая уравнение (65), находим величины i_0 и j_0 .
- V. Из выражения (64) находим величины i и j , а из выражения (55) находим величины x_i и P_{02}^i .
- VI. Из выражений (58) находим величины P_{11}^j и P_{12}^j , следовательно, мы знаем P_{01}^j .
- VII. Используя оставшиеся выражения из (56), (48) и (46), находим B_i и y_i .

Мы не будем рассматривать случаи, когда какие-либо множители в (46) являются чётными - они легко могут быть разрешены совершенно аналогично (сводятся к делению некоторых P и ряда полученных выражений на некоторые степени числа 2).

Если бы в уравнении (45) со знаком минус в правой части вместо четвёртой степени x стояла вторая степень, то такое уравнение уже разрешено с помощью выражений (49) - (53). Более того, предложенная методика позволяет аналогичным образом разрешить подобное уравнение с произвольной степенью y . Но, к сожалению, случай со знаком минус в правой части самого уравнения (45) приводит к необходимости искать квадраты в некоторой линейной последовательности или искать возможность её целочисленного деления на четвёртую степень некоторого числа, что сильно осложняет поиск общего параметрического представления решения. Аналогичную трудность с поиском возможности для линейной последовательности делиться на пятую степень некоторого числа представляет решение аналогичного уравнениям Делоне и Нагеля уравнения пятой степени по x и по y .

5. Заключение

Таким образом, предложен метод, позволяющий получать различные параметрические представления решений диофантовых уравнений. Используя разбиение на множители и/или представление в виде квадратичной формы, мы разбиваем исходное уравнение на уравнения, имеющие пару неизвестных свободных переменных. А далее ищем связь новых уравнений с более простым линейным уравнением типа $ax - by = \pm 1$. Этого можно достичь либо путём возведения последнего уравнения в некоторую степень и приравнивания переменных соответствующим выражениям, либо методом скрытых параметров. Этот метод состоит в следующем. Вместо каждой величины, входящей в исследуемое уравнение, мы вводим дополнительное число параметров с помощью линейной или нелинейной функции, что позволяет найти связи между параметрами и некоторое параметрическое решение искомого уравнения. Затем мы можем обнулить введённую дополнительную линейную или нелинейную зависимость (по сути, скрытые параметры), что в первоначальной постановке задачи означало бы всего лишь замену буквенного обозначения параметров. Однако в результате этих действий получается упрощённое параметрическое решение и остаётся найденная связь между параметрами. Но можем и не обнулять введённые дополнительные параметры, тогда решение получается более громоздким, с большим числом параметров, но захватывающее большее число параметрических решений. В любом случае решение находится через решение линейного уравнения типа $ax - by = \pm 1$.

Предложенный метод решения был подробно продемонстрирован при решении уравнения Пелля, а также развит в более общем виде и применён для параметрического решения диофантовых уравнений старших степеней, таких как уравнение Делоне, уравнение Нагеля и аналогичных уравнений.

1. Arthea S.N. Method of Hidden Parameters and Pell's equation // JP Journal of Algebra, Number Theory and Applications. 2002. Vol. 2(1). P. 21 - 46. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3463927>
2. Делоне Б.Н. Решение неопределённого уравнения $X^2 + Y^2 = 1$ // Известия Российской Академии Наук. 1922. VI серия. Т. 16. С. 273–280.
3. Мороз Б.З. Аналитические задачи в алгебраической теории чисел и диофантовой геометрии. М.: МЦНМО, 2017.
4. Башмакова И.Г. Диофант и диофантовы уравнения. М.: Ленанд, 2017.
5. Босс В. Лекции по математике. Том 14: Теория чисел. М.: Ленанд, 2022.
6. Чанга М.Е. Диофантовы уравнения: уравнения Пелля. М.: МПГУ, 2020.
7. Matthews K.R., Robertson J.P., Srinivasan A. On fundamental solutions of binary quadratic form equations // Acta Arithmetica. 2015. Vol. 169(3). P.291-299. <http://doi.org/10.4064/aa169-3-4>
8. Cohen V. Chebyshev polynomials and Pell equations over finite fields // Czechoslovak Mathematical Journal. 2021. Vol. 71(2). P. 491-510. <https://doi.org/10.21136/CMJ.2020.0451-19>
9. Andreescu T., Andrica D. Quadratic Diophantine Equations. Developments in Mathematics. Vol. 40. Springer, New York, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-54109-9>

Воронкин Б.А.

Андрей Николаевич Колмогоров – человек, сделавший анализ азартных игр новой математической наукой

*Оренбургский государственный Университет
(Россия, Оренбург)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-514

Аннотация

Исследование, изложенное в данной статье, имеет своей целью выявление заслуг советского математика Андрея Николаевича Колмогорова в области теории вероятности. Имеется подробный разбор главных достижений ученого в этой области и тех причин, которые послужили их становлению в качестве основ всей современной теории вероятности.

Ключевые слова: теория вероятностей, Андрей Николаевич Колмогоров, теория множеств.

Abstract

The study outlined in this article aims to identify the merits of the Soviet mathematician Andrei Nikolayevich Kolmogorov in the field of probability theory. There is a detailed analysis of the main achievements of the scientist in this field and the reasons that served to establish them as the foundations of the entire modern theory of probability.

Keywords: probability theory, Andrei Kolmogorov, set theory.

Теория вероятностей, изучающая случайные события, в настоящее время является одним из крупнейших разделов математики. Но так было не всегда. Свой современный вид эта наука приняла 91 год назад, с выходом монографии «Основные понятия теории вероятностей» авторства советского ученого Андрея Николаевича Колмогорова, одного из крупнейших математиков XX века. Но что именно он смог сделать? Почему имя этого ученого можно встретить во всех книгах о теории вероятностей? На эти вопросы получим ответы в данной статье.

Чтобы понять, насколько достижение А.Н. Колмогорова было важно для всего мира математики и для теории вероятностей, в частности, проанализируем историю этого раздела.

Рассматривать историю упомянутой науки мы будем поэтапно. Для заданной темы наиболее подходящим будет периодизация математики, предложенная самим Колмогоровым.

Предпосылки формирования теории вероятностей начали появляться еще во времена второго тысячелетия до нашей эры, в Период накопления знаний (до 600 г. до н.э.). Начала развиваться концепция «случайного» – главного понятия в рассматриваемой науке.

Период элементарной математики (до XV-XVI вв.): популярным развлечением у многих народов в развитых цивилизациях были азартные игры. Уже тогда игроки могли заметить некоторые закономерности в результатах игр и, опираясь на логику или опыт, предположить, когда стоит ожидать победы или проигрыша. Математики тоже не обошли это стороной. Они создавали математические модели тех или иных игровых ситуаций и проводили их анализ, решали частные задачи, ответ на которые мог «предсказать» реальный исход. Решар де Фурниваль в XIII в. смог верно просчитать все возможные способы получения разных сумм при броске трех костей. Количество этих способов для каждой из них было эквивалентно понятию «вероятность». Задачи такого типа стали главным результатом еще не сформировавшейся науки, а также помогли развить комбинаторику, послужившую основой методов в теории вероятностей.

Следующий период назван Колмогоровым «Математика переменных величин» (XVII-XVIII вв.). Отправной точкой в процессе формирования теории вероятностей как науки можно считать письмо француза Шевалье-де-Мере, любителя азартных игр, отправленное Блезу Паскалю. В ходе дискуссии де-Мере задал Паскалю 2 теоретические задачи: про броски костей и про раздел ставки между игроками, не сумевшими достичь нужного для победы количества очков. Для помощи в их решении Математик обратился к своему коллеге, Пьеру Ферма. Их переписка с решениями задач стала источником многих новых на то время идей. Перепиской заинтересовался голландец Х. Гюйгенс, в 1656 г. опубликовавший свое сочинение по данной теме, в котором подмечает, что несмотря на кажущуюся «несерьезность» беседы Паскаля и Ферма, в ней закладываются основы новой, «очень интересной теории».

Его предположение достаточно скоро обрело смысл в работе «Искусство предположений» Якоба Бернулли. Именно опубликование этой книги считается началом научной теории вероятности. В первой ее части дополнено сочинение Гюйгенса, там же установлена «формула Бернулли». Четвертая часть содержит основы новой науки, в том числе понятие «вероятности случайного события». Центром всего текста стал закон больших чисел в форме Бернулли, идея для которого, вероятно, подмечена из азартных игр.

Период переменных величин вместил в себя тысячи работ сотен ученых, продолжателей дела Бернулли. Итогами в теории вероятностей к концу XVIII века стало: сформулировано правило сложения и умножения вероятностей и правило нормального распределения, введены

понятие о несовместимости случайных событий и их независимости и многое другое. Но к этому моменту оставалась актуальной проблема нечеткости, размытости формулировок основных понятий и теорем, из-за чего теория вероятностей признавалась отраслью математики лишь небольшим кругом лиц. Ситуацию ухудшало и отсутствие практического ее применения.

С начала Периода современной математики (с XIX в.) на первый план в теории вероятностей выходят случайные величины и связанные с ними закономерности. Обусловлено это общим научным ростом в XIX веке. Понятие вероятности начинает находить свое применение во многих науках. Благодаря этому, Теорией начинает заниматься все большее количество ученых, труды которых дали мощный толчок этой науке. Они решили главные проблемы, образовавшиеся к концу третьего периода: четко определили все основные понятия, правила их применения, и теоремы.

К началу XX века расчет случайных событий применялся в естествознании, технике, экономике, производстве, но полноценному использованию мешало отсутствие единой системы. Возникла необходимость формализовать полученные знания, определить их на базе общих идей. Самым популярным методом для решения этой проблемы была аксиоматизация.

Попытками создать систему теории вероятностей таким образом занимались десятки именитых математиков: Бернштейн, Ломницкий, Борель, Мизеса и другие. Но успешно это сделать удалось лишь советскому ученому Андрею Николаевичу Колмогорову.

Свою уникальную систему Андрей Николаевич построил на основе современных и уже развитых к тому моменту теории множеств и теории меры. Основные свои идеи он изложил в труде «Основные понятия теории вероятностей», вышедшем в 1933 г. Несмотря на свой объем (62 страницы в первом немецком издании), труд получился невероятно емким, а представленные идеи очень гибкими, простыми и понятными.

Сам труд содержит 6 глав, в каждой из которых раскрывается та или иная сторона теории вероятностей. Вкратце о каждой из них: в первой главе вводится система из четырех непротиворечивых аксиом, на основании которых и строится вся система Колмогорова, выведены основные следствия из них, все основные понятия и теоремы теории вероятностей «переведены» на язык теорий множеств и меры; вторая глава полностью посвящена полям вероятностей; следующая глава определяет положение случайных величин в новой системе и правила взаимодействия с ними; четвертая и пятая главы содержат информацию о математических ожиданиях, которые в аксиоматической модели Колмогорова используют одновременно и математический анализ, и теорию множеств; последняя глава раскрывает понятие «независимости», а также раскрывает суть закона больших чисел в множествах.

Стоит отметить, что А.Н. Колмогоров не только смог сформулировать всю теорию вероятностей с опорой на теорию меры, но и внес в нее много своих идей. Из них некоторые уже были опубликованы ученым ранее: выявление и доказательство необходимых и достаточных условий справедливости закона больших чисел, чего не могли сделать еще со времен Бернулли; множество законов о случайных величинах, их расчетах, анализе математических рядов из них. Впервые в монографии были опубликованы идеи о бесконечномерных распределениях, ставших позже безупречной логической основой теории случайных функций и последовательностей случайных величин.

После публикации столь «весомого» труда уже никто не сомневался в том, что теория вероятностей – полноценная наука, входящая в структуру математики. Применение вероятностей в других науках стало безграничным, так как теории меры и множеств имеют такой расчетный потенциал, который может быть ограничен лишь вычислительными способностями. При этом введенная Колмогоровым система имеет достаточно полный набор методов, подходящий для решения задач на любую тематику.

Исходя из вышеизложенного, можно вывести самые сильные стороны «колмогоровской аксиоматики»: универсальность, гибкость, понятность, простота; наличие большого количества теорем и методов, в том числе из классической теории вероятностей, теории мер и теории множеств; возможность дальнейшего усовершенствования вместе с развитием других математических дисциплин и другие.

Все это стало причинами того, что современная теория вероятностей до сих пор представлена именно в том «стиле», который был изложен в 1933 году Колмогоровым. Принятая аксиоматика используется в качестве базовой и основной не только в учебниках

ведущих ВУЗов, но и в научных работах, публикуемых в изданиях ВАК, Scopus, Web of Science и других крупных баз. Колмогоров создал настолько идеальную систему, что основное развитие теории вероятностей закончилось, а открытия происходили лишь в смежных дисциплинах и науках, где используются ее инструменты.

Ответы на поставленные в начале вопросы можно дать на основании вышеизложенного материала: до Андрея Николаевича Колмогорова теория вероятностей развивалась очень долго и разносторонне, накопила достаточно большую теоретическую базу, но отсутствие единой системы не позволяло ей полностью перейти из «анализа азартных игр» в полноценную отрасль математики. Автор «Основных понятий» не только убрал закрепившейся за теорией вероятности «несерьезный» статус и создал базу для ее внедрения во все сферы науки, но и сформировал законченный вид этой науки. Это и есть одно из главных достижений Колмогорова, и именно поэтому главы об истории в трудах по теории вероятностей часто кончаются этим великим именем.

1. Колмогоров А.Н. «Математика»/ Большая Советская Энциклопедия, 1-е издание. Т. 38 – 1938.
2. Гнеденко Б. В. . Очерк по истории теории вероятностей // Курс теории вероятностей. 8-е изд. -М.: Едиториал УРСС, 2005. -448 с.
3. Реньи А. Письма о вероятности/ А. Реньи // Трилогия о математике. – М.: Мир, 1980. – С. 121–198.
4. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей/ А.Н. Колмогоров // Монография, 3-е издание. М.: ФАЗИС, 1998. 144 с.

Мельникова Н.Р.

Метод проектов на уроках теории вероятности и статистики в 7-8 классах

*Ставропольский государственный педагогический институт
(Россия, Ставрополь)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-515

Научный руководитель: Зверева Л.Г.

Аннотация

С современным образованием акцент на применение практических навыков и решение реальных задач становится все более значимым. В этом контексте метод проектов приобретает особую актуальность при изучении таких фундаментальных разделов, как теория вероятности и статистика. Этот подход предоставляет уникальную возможность не только углубить свои теоретические знания в области математики, но и применить их на практике через разработку и реализацию собственных проектов. В данной статье рассматривается метод проектов на уроках математики при изучении теории вероятности и статистики в 7-8 классах.

Ключевые слова: теория вероятности и статистика, математика, метод проектов, школа.

Abstract

With modern education, the emphasis on the application of practical skills and solving real problems is becoming more and more significant. In this context, the project method becomes particularly relevant when studying such fundamental sections as probability theory and statistics. This approach provides a unique opportunity not only to deepen your theoretical knowledge in mathematics, but also to put it into practice through the development and implementation of your own projects. This article discusses the method of projects in mathematics lessons in the study of probability theory and statistics in grades 7-8.

Keywords: probability theory and statistics, mathematics, project method, school.

Перемены, происходящие в нашей стране за последний десяток лет, непосредственно коснулись и системы образования в целом, определив новый социальный заказ, что

спровоцировало пересмотр и изменения в деятельности образовательного процесса. Согласно концепции развития образования, модернизация предполагает пересмотр содержания школьных программ с опорой на реальные действительные запросы учащихся, исходя из ведущих их потребностей и общества в целом.

Современное понимание образования в области математики в первую очередь ориентировано на учет индивидуальных особенностей каждого учащегося, а также на их интересы и стремления. Выбор содержания, разработка и внедрение новых интерактивных методов обучения, а также тенденции к повышению математической подготовки учащихся определяются их потребностями. В этом контексте особое внимание уделяется необходимости развития интуиции в области вероятностей и статистического мышления у всех учащихся.

Одним из важнейших направлений является внедрение в школьные программы элементов теории вероятности и статистики, что обусловлено важностью статистических представлений в подготовке подрастающего поколения, без которых трудно реагировать на различные преобразования в политических, социальных, экономических областях. Статистические закономерности, наряду с динамическими, являются основополагающими закономерностями природы. Анализ процессов в экономике, экологии, организации систем массового обслуживания населения и многих других областях человеческой деятельности показывает, что все эти явления, в большей или меньшей степени, подчиняются статистическим законам [2].

Теория вероятности и статистики – это один из разделов математики, предполагающий изучение закономерностей и анализ случайных событий и явлений. Данный раздел активно изучается в курсе алгебры 7-8 классов и представляется как один из сложных математических разделов. Основная трудность его заключается в обучении решению вероятностных задач. В первую очередь это связано с определением понятия вероятности, а также необходимостью выявления возможных вариантов решения представленных задач. Отсюда и определяется необходимость определения методов и способов решения таких задач, которые в общем виде объединяли бы действия и правила теории вероятности и статистики [1].

Одной из технологий, широко используемой в современном образовании, является метод проектов, ориентированный не на интеграцию готовых знаний, а на самостоятельный поиск и приобретение новых. Данный метод активно используется не просто для разбавления традиционных способов подачи материала, но и для расширения представлений, углубления знаний по отдельным темам и направлениям школьного обучения.

Использование метода проектов на уроке математики при изучении вероятности и статистики представляется как уникальная возможность активного взаимодействия с исследуемыми событиями и представленным материалом. Одним из подходов использования данного метода является исследование событий и вероятности повседневной жизни. Например, анализ таких событий, как погода, движение общественного транспорта, конечные результаты спортивных мероприятий. Учащиеся могут собирать различные статистические данные, анализировать их, используя вероятностные методы для расчета предварительных результатов и представлять результаты. Еще одним примером может быть анализ статистических данных во время образовательного процесса. Учащиеся могут собирать данные об оценках, посещаемости, предпочтениях, склонностях и интересах других учеников, провести статистический анализ. Их задача может включать в себя создание графиков, диаграмм и статистических сводок для наглядного представления результатов. Этот проект поможет учащимся применить теоретические знания в реальном контексте и развить навыки работы с данным [3].

В качестве наглядного примера рассмотрим использование данного метода при решении вероятностных задач.

Проект «Лотерея»

Задача: исследовать вероятность выигрыша в лотерею и создать проект, позволяющий повысить вероятность выигрыша.

Шаги проекта:

Таблица 1.

<i>Этапы</i>	<i>Содержание</i>
<i>1. Определение лотерейной игры</i>	<i>Определяется лотерейная игра, изучаются ее особенности.</i>
<i>2. Сбор первичных данных</i>	<i>Изучаются правила лотереи, определяется коэффициент выигрыша на основе анализа результатов предыдущих розыгрышей, шансах при различных ставках</i>

3. Создание сопровождающего информационного ресурса	На основе собранных данных создаются информационные ресурсы, такие как плакаты, буклеты, презентации, демонстрирующие вероятность выигрыша в данной лотерее
4. Рекомендации и стратегии	На основе выигрышных ситуаций представляются рекомендации и стратегии с опорой на проанализированные вероятностные данные. Например, рассказывается как проанализировать ставки, учитывая вероятности выигрыша на каждом этапе.
5. Тест предложенных стратегий	Демонстрация эффективности предложенных стратегий, эксперимент с положительным либо отрицательным результатом
6. Итог и рефлексия	Представляется информационный ресурс, полученный результат и его обсуждение, как проект помог лучше понять концепции вероятности в контексте участия в лотерейной игре

Результат: данный проект не только развивает навыки анализа данных и применения вероятностных концепций, но и позволяет создавать полезные ресурсы для других, помогая принимать более обоснованные решения при участии в лотереях.

Таким образом, метод проектов представляется как эффективный подход к изучению теории вероятности и статистики, позволяя не только усваивать теоретические основы данного раздела математики, но и применять их на практике. В ходе проектной работы учащиеся могут выбирать интересующие их темы и решать реальные задачи, связанные с анализом данных, прогнозированием, и оценкой вероятностей. Данный метод позволяет видеть конкретные применения теории вероятности и статистики в реальной жизни, что делает учебный процесс более практичным и интересным.

1. Бабенко А. С., Стрункина К. Ю. Применение метода проектов при изучении вероятностно-статистической линии в школе // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2018. – №2. – С. 150-154.
2. Леонтьева Н. В., Воложанина Н. Ю. Элементы теории вероятностей в курсе средней школы в рамках подготовки к ОГЭ // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 9. – С. 1–5.
3. Полункина С. Н., Метод проектов на уроках теории вероятностей и статистики // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2011. – №3. – С. 44-47.

**Пастухов Ю.Ф.¹, Пастухов Д.Ф.¹, Волосов К.А.⁵, Чернов С.В.², Пастухов А.Ю.³,
Волосова Н.К.⁴, Волосова А.К.⁵**

Дифференциальные инварианты и тензоры в присоединенных расслоенных пространствах скоростей конечного порядка: полная производная по времени гладкой функции – тензор нулевого ранга

¹Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
(Россия, Полоцк)

²«Конструкторское бюро «Дисплей»

³Витебский государственный университет имени П.М. Машерова
(Россия, Витебск)

⁴МГТУ им. Н.Э. Баумана

⁵МИИТ
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-516

Аннотация

В работе рассмотрены дифференциально-инвариантные свойства в присоединенных расслоенных пространствах конечного порядка

Доказано, что полная производная по времени локальной записи гладкой вещественнозначной функции - не зависит от выбора локальной системы в базе расслоения, то есть является тензорной операцией или более точно тензором нулевого ранга.

Ключевые слова: дифференциально-геометрические структуры на многообразиях, гладкие многообразия, расслоенные пространства, расслоенное пространство скоростей, дифференциальные инварианты.

Abstract

The paper considers differential invariant properties in connected layered spaces of finite order. It is proved that the total time derivative of the local record of a smooth real-valued function does not depend on the choice of a local system in the bundle base, that is, it is a tensor operation or more precisely a tensor of rank zero.

Keywords: differential geometric structures on manifolds, smooth manifolds, layered spaces, layered velocity space, base bundles, differential invariants.

Введение. Огромную роль в развитии всей геометрии, в том числе и дифференциальной геометрии, сыграло открытие неевклидовой геометрии. Б. Риман в своей лекции «О гипотезах, лежащих в основаниях геометрии» (1854) заложил основы римановой геометрии, наиболее развитой части современной дифференциальной геометрии. Теоретико-групповая точка зрения Ф. Клейна изложена в его «Эрлангенской программе» (1872): геометрия – учение об инвариантах групп преобразований. В применении к дифференциальной геометрии была развита Э. Картаном, который построил теорию пространств проективной связности и аффинной связности. Основная задача дифференциальной геометрии состоит в нахождении и описании дифференциальных инвариантов геометрических структур. Необходимым аппаратом здесь является исчисление струй. Это понятие интенсивно использовалось в теории геометрических структур высшего порядка в работах В.В. Вагнера, Г.Ф. Лаптева, Л.Е. Евтушика, М.О. Рахулы, а в последнее время в теории особенностей гладких отображений – М. Голубицким, В. Гийеминым и геометрической теории нелинейных дифференциальных уравнений – А.М. Виноградовым, В.В. Лычагиным. Классифицировать алгебраические уравнения по их группам симметрии предложил Э. Галуа; Ф. Клейн – взять идею симметрии в качестве единого принципа при построении различных геометрий. Выйдя за пределы геометрии и развиваясь, эта идея показала, что принцип симметрии служит той единственной основой, которая может объединить все разрозненные части огромного здания современной математики. Феликс Клейн развил свою концепцию в физике и механике. Его программа как задача поиска различных форм симметрии выходит за рамки не только геометрии, но и всей математики в целом, превращается в проблему поиска единого принципа для всего естествознания. В 1872 г. Ф. Клейн представил сенату и философскому факультету Эрлангенского университета и свое «Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований», получившее название «Эрлангенской программы». Феликс Клейн рассматривает иерархию многообразий – пространств любого числа измерений и соответственных геометрий, положив в основу их определения понятия инварианта, введенное в математику за двадцать лет до этого. В элементарной геометрии преобразованиями, то есть переходами от одних переменных к другим, служат прежде всего движения, переносы и вращения геометрических фигур, когда

сами фигуры (расстояния между образующими их точками) не меняются. Пространство, в котором происходят подобные переносы, называется метрическим. Инвариант пространства – расстояние, определенное, например, теоремой Пифагора в прямоугольной системе координат. Есть более сложные геометрии, где инвариантами служат иные выражения: в проективной геометрии инварианты – уже не расстояния между точками, не величина и форма геометрической фигуры, а только форма, то есть соотношения между расстояниями, например, треугольник, при проективном преобразовании может стать меньше, но остается подобным себе.

Фундаментальность законов сохранения заключается в их универсальности. Они справедливы при изучении любых физических процессов (механических, тепловых, электромагнитных и др.). Они одинаково применимы в релятивистском и нерелятивистском движении, в микромире, где справедливы квантовые представления, и в макромире, с его

классическими представлениями. Законы сохранения используются в механике и в теоретической физике. Благодаря той особой роли, которую играют законы сохранения в физике, они являются важнейшим элементом современной научной картины мира. Между основным уравнением динамики и законами сохранения имеется принципиальная разница. Законы динамики дают нам

представление о детальном ходе процесса. Так, если задана сила, действующая на материальную точку и начальные условия, то можно найти закон движения, траекторию, величину и направление скорости в любой момент времени и т. п. Законы же сохранения не дают нам прямых указаний на то, как должен идти тот или иной процесс. Они говорят лишь о том, какие процессы запрещены. В начале 20 века Эмми Нетер доказала важную теорему, которая утверждает, что всякому непрерывному преобразованию координат с заданным законом преобразования соответствует некоторая сохраняющаяся величина (или, как говорят, инвариант преобразования). Поскольку преобразования координат тесно связаны со свойствами симметрии пространства и времени (однородностью, изотропностью пространства и однородностью времени), то каждому свойству симметрии пространства и времени должен соответствовать определенный закон сохранения. С однородностью пространства, то есть с симметрией законов физики по отношению к пространственным сдвигам начала координат, связан закон сохранения импульса. С изотропностью пространства, то есть с симметрией относительно поворота системы координат в пространстве, связан закон сохранения момента импульса. Аналогично представление об однородности времени (симметрии по отношению к сдвигам времени) приводит к закону сохранения энергии. Значение теоремы Нетер не ограничивается только тем, что она устанавливает связь классических законов сохранения с видами симметрии, имеющими геометрическую природу. При наличии в физической системе симметрий другого рода, не связанных со свойствами пространства и времени, теорема Нетер позволяет установить другие законы сохранения. И наоборот, всякий закон сохранения связан с некоторой определенной симметрией системы.

Теорема1 Пусть $L : T^n X_m \rightarrow \mathfrak{R} L(x, \dots, \dot{x})$ - локальная запись функции L при выборе локальных координат (x) в базе X_m расслоения $T^n X_m$. Тогда

$$G(x, \dot{x}, \dots, \ddot{x}) = \sum_{k=1}^{n+1} \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, \dot{x})^{(k)i}}{\partial \dot{x}^{(k-1)i}} \ddot{x}^{(k)i} \quad (1)$$

при замене локальных координат (x) в базе X_m расслоения $T^n X_m$ преобразуется как тензоры 0-го ранга, то есть не зависят от выбора локальных координат (являются геометрическими инвариантами).

Доказательство. Для $n=1$ имеет место

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{n+1} \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, \dot{x})^{(k)i}}{\partial \dot{x}^{(k-1)i}} \ddot{x}^{(k)i} &= \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^i} \ddot{x}^i + \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial x^i} \dot{x}^i = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left(\frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial x^i} \frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^k} + \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \right) \ddot{x}^i + \\ &+ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \ddot{x}^i = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left(\frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial x^i} \frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^k} + \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} D_i \left(\frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \right) \right) \ddot{x}^i + \\ &+ \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \left(D_i \left(\frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^l} \right) \dot{x}^l + \frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^l} D_l \left(\dot{x}^i \right) \right) = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m \left(\frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^l} \dot{x}^l + \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^l} \dot{x}^l \right) + \\ &+ \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \dot{x}^l \left(D_l \left(\frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^l} \right) \frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} + D_l \left(\frac{\partial \dot{x}^k}{\partial x^i} \right) \frac{\partial \dot{x}^i}{\partial x^l} \right) = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m \left(\frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \delta_l^k \dot{x}^l + \frac{\partial L(x, \dot{x})}{\partial \dot{x}^k} \delta_l^k \dot{x}^l \right) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \bar{x})}{\partial x} \bar{x}^{-l} (D_i(\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-k})) = \sum_{k=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \bar{x})}{\partial x} \bar{x}^{-k} + \sum_{k=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \bar{x})}{\partial x} \bar{x}^{-k} + \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \bar{x})}{\partial x} \bar{x}^{-l} D_i(\delta_l^k) = \\
 & = \sum_{k=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \bar{x})}{\partial x} \bar{x}^{-k} + \sum_{k=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \bar{x})}{\partial x} \bar{x}^{-k} = \bar{G}_1(x, \bar{x}, \bar{x}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$D_i(\delta_l^k) = 0, \delta_l^k = \begin{cases} 1, i=k \\ 0, i \neq k \end{cases} \text{ - символ Кронекера}$$

$$\sum_{i=1}^m \frac{\partial x^i}{\partial x} \frac{\partial x^i}{\partial x} = \sum_{i=1}^m \frac{\partial x^i}{\partial x} \frac{\partial x^i}{\partial x} = \delta_i^k = \begin{cases} 1, i=k \\ 0, i \neq k \end{cases} \text{ - символ Кронекера}$$

Рассмотрим

общий

случай.

$$\begin{aligned}
 G_1(x, x, \dots, x) & = \sum_{k=1}^{(n)(n+1)} \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k-1)i} = \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k+1)i} \\
 D_t^k x^i(\bar{x}) & = x^{(k)i}(\bar{x}) = \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^k C_{k-1}^{s-1} D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s)j} = \sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^{k-1} C_{k-1}^s D_t^{k-1-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j} \\
 D_t^{k+1} x^i(\bar{x}) & = x^{(k+1)i}(\bar{x}) = \sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^{k+1-1} C_{k+1-1}^s D_t^{k+1-1-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j} = \sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j} \\
 \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k+1)i} & = \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k+1)i} (\sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j})
 \end{aligned} \quad (3)$$

Поэтому

$$\frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k)i} = \sum_{p=0}^n \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(p)d} \frac{\partial x}{\partial x} \bar{x}^{(k)i} \quad (4)$$

$$\frac{\partial x(x, x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k)i} = \begin{cases} C_p^k \cdot D_t^{p-k} (\frac{\partial x}{\partial x} \bar{x}^{-d}), C_p^k = \frac{p!}{k!(p-k)!}, k! = \prod_{g=1}^k g, p \geq k \\ 0, p < k \end{cases}$$

(5) Подставим (4) в (5)

$$\frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k)i} = \sum_{p=k}^n \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} (\frac{\partial x}{\partial x} \bar{x}^{-d}) \quad (6) \text{ и } (6) \text{ подставим в } (3)$$

$$\begin{aligned}
 \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k+1)i} & = \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \frac{\partial L(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(k+1)i} (\sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j}) = \\
 & = \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m (\sum_{p=k+1}^n \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(x, \dots, x)}{\partial x} \bar{x}^{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} (\frac{\partial x}{\partial x} \bar{x}^{-d})) (\sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j}) \quad (7)
 \end{aligned}$$

Так как $x^{(s+1)j} = D_t^s(x) = D_t^s(x)$ $C_k^s D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) \bar{x}^{(s+1)j} = C_k^s D_t^{k-s} (\frac{\partial x^i}{\partial x} \bar{x}^{-j}) D_t^s(x)$ и

$$D_t^a(fg) = \sum_{b=0}^a C_a^b D_t^b(f) D_t^{a-b}(g), C_a^b = \frac{a!}{b!(a-b)!}, b! = \prod_{c=1}^b c, a \geq b$$

(формула Лейбница), то

$$\begin{aligned} \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} \right)^{(s+1)j} x &= \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} \right) D_t^s(x) = D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} D_t^1(x^{-j}) \right) = D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) = \\ &= D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \end{aligned} \quad (8) \text{ Подставляем (8) в (7):}$$

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{p=k}^n \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) \left(\sum_{j=1}^m \sum_{s=0}^k C_k^s D_t^{k-s} \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} \right)^{(s+1)j} x \right) = \\ = \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{p=k}^n \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) \left(\sum_{j=1}^m D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Так как $\sum_{k=0}^n \sum_{p=k}^n a_{kp} = \sum_{p=0}^n \sum_{k=0}^p a_{kp}$ при $n \geq p \geq k \geq 0$, то (9) запишем в виде:

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{p=k}^n \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) \left(\sum_{j=1}^m D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \right) = \\ = \sum_{p=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{k=0}^p \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) \left(\sum_{j=1}^m D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \right) = \\ = \sum_{p=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{d=1}^m \sum_{k=0}^p \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) \left(\sum_{j=1}^m D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \right) = \\ = \sum_{p=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} \sum_{j=1}^m \sum_{k=0}^p C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \end{aligned} \quad (10)$$

По формуле Лейбница: $\sum_{k=0}^p C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) = D_t^p \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right)$

Поэтому

$$\begin{aligned} \sum_{p=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} \sum_{j=1}^m \sum_{k=0}^p C_p^k \cdot D_t^{p-k} \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \right) D_t^k \left(\frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) = \\ = \sum_{p=0}^n \sum_{i=1}^m \left(\sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} \sum_{j=1}^m D_t^p \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) = \sum_{p=0}^n \sum_{d=1}^m \left(\sum_{j=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial x} \right)_{(p)d} \sum_{i=1}^m D_t^p \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m D_t^p \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) = D_t^p \left(\sum_{i=1}^m \frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x \right) \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m \frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} x = x \sum_{i=1}^m \frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} = x \delta_j^d, \text{ значит,}$$

$$\sum_{i=1}^m \frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} = \delta_j^d \quad \delta_j^d = \begin{cases} 1, d = j \\ 0, d \neq j \end{cases} \text{ - символ Кронеккера}$$

$$D_t^p \left(\sum_{i=1}^m \frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} \frac{(1)j}{x} \right) = D_t^p \left(\frac{(1)j}{x} \delta_j^d \right)$$

(13) Подставляем в (13) в (11):

$$\begin{aligned} \sum_{p=0}^n \sum_{d=1}^m \left(\sum_{j=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial \bar{x}^{(p)d}} \right) \sum_{i=1}^m D_t^p \left(\frac{\partial \bar{x}^{-d}(x)}{\partial x^i} \frac{\partial x^i(\bar{x})}{\partial \bar{x}^{-j}} \frac{(1)j}{x} \right) &= \sum_{p=0}^n \sum_{d=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial \bar{x}^{(p)d}} D_t^p \left(\frac{(1)j}{x} \delta_j^d \right) = \\ &= \sum_{p=0}^n \sum_{j=1}^m \sum_{d=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial \bar{x}^{(p)d}} D_t^p \left(\frac{(1)j}{x} \delta_j^d \right) = \sum_{p=0}^n \sum_{j=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial \bar{x}^{(p)d}} D_t^p \left(\frac{(1)j}{x} \right) = \sum_{p=0}^n \sum_{j=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial \bar{x}^{(p)d}} D_t^{p+1} \left(\frac{(1)j}{x} \right) = \\ &= \sum_{p=0}^n \sum_{j=1}^m \frac{\partial \bar{L}(\bar{x}, \dots, \bar{x})}{\partial \bar{x}^{(p)d}} \frac{(p+1)j}{x} = \bar{G}(\bar{x}, \bar{x}, \dots, \bar{x}) \end{aligned}$$

Теорема доказана.

1. Квазилинейность в расслоенных пространствах скоростей конечного порядка - теорема о локальном представлении слоевых координат в виде функциональной квазилинейной комбинации преобразованных координат Пастухов Ю.Ф., Пастухов Д.Ф., Чернов С.В., Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К. Тенденции развития науки и образования. 2023. № 95-6. С. 124-127.
2. N-кратное расщепление явной разностной схемы для уравнения вихря в вязкой несжимаемой жидкости. Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Карлов М.И., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2023. № 4 (63). С. 12-21.
3. Применение формул прогонки для шифрования текстовых данных Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Карлов М.И., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2023. № 3 (62). С. 5-12.
4. Модифицированная формула Ньютона - касательных парабол на числовой оси Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Карлов М.И., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2023. № 2 (61). С. 5-15.
5. Обобщение метода Петрова-Галеркина для решения системы интегральных уравнений Фредгольма второго рода Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Карлов М.И., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2023. № 1 (60). С. 5-14.
6. Решение интегральных уравнений Фредгольма методом замены интеграла квадратурой с двенадцатым порядком погрешности в матричном виде Волосова Н.К., Волосов К.А., Волосова А.К., Карлов М.И., Пастухов Д.Ф., Пастухов Ю.Ф. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2022. № 4 (59). С. 9-17.

Петров А.С., Кремлева Э.Ш.

Важность изучения, роль и применение дискретной математики в науке и жизни

Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева
(Россия, Казань)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-517

Аннотация

В этой статье мы рассмотрим значение изучения дискретной математики, её преимущества, важность и применение знаний этой науки в повседневной жизни и научных областях.

Ключевые слова: применение в жизни, применение в областях, графы, комбинаторика, алгоритмы, логика, применение в программировании, криптография, теория игр, теория автоматов, теория кодирования, теория чисел.

Abstract

In this article, we will look at the implications of studying discrete mathematics, its benefits, the importance and application of this science knowledge in everyday life and scientific fields.

Keywords: applications in Life, Applications in Fields, Graphs, Combinatorics, Algorithms, Logic, Applications in Programming, Cryptography, Game Theory, Automata Theory, Coding Theory, Number Theory.

Введение

Для начала скажем, что такое дискретная математика в целом.

Дискретная математика – это раздел математики, посвященный изучению дискретных структур и объектов, чаще всего представленных целочисленными или конечными значениями. В ее основе лежат концепции, такие как теория графов, комбинаторика, теория чисел и логика. Этот математический подход фокусируется на анализе объектов, разделенных на дискретные, отдельные единицы, что делает дискретную математику фундаментальной для разработки алгоритмов, оптимизации и решения сложных задач в различных областях науки и технологий.

В мире постоянно развивающихся технологий и научных открытий дискретная математика выступает важным катализатором интеллектуального прогресса. Эта область математики, хотя и не всегда находится в центре внимания, является неотъемлемым компонентом для понимания и решения сложных задач. Но для чего, собственно, нужна дискретная математика, и какую роль она играет в повседневной жизни и науке?

Почему стоит изучать дискретную математику:

1. Развивает абстрактное мышление в области математики.
2. Повышает навыки по решению различных задач.
3. Имеет фундаментальное значение для решения задач в работе с базами данных, компьютерной безопасностью, операционными системами, теорией автоматов и другими областями.
4. Позволяет эффективно решать разнообразные проблемы, такие как сортировка списков, поиск кратчайших путей, построение графов с определенными условиями, определение количества комбинаций для заданных символов и шифрование сообщений для безопасной передачи.

Преимущества изучения дискретной математики подразумевают ряд практических и аналитических преимуществ:

1. Эффективность в действии: Дискретная математика предоставляет инструменты для разработки эффективных алгоритмов и структур данных, что упрощает обработку данных и снижает временную сложность.
2. Мастерство в решении проблем: Развивая логическое мышление, она помогает разбивать сложные проблемы на более управляемые части, делая процесс решения более структурированным.
3. Творческая разработка алгоритмов: С использованием методов, таких как теория графов и комбинаторика, дискретная математика обеспечивает ключевые элементы для разработки алгоритмов, способных решать различные вычислительные задачи.
4. Искусное управление данными: Структуры данных, предоставляемые дискретной математикой, позволяют эффективно организовывать информацию в компьютерных системах.
5. Шифры и безопасность: Теория чисел и алгоритмы шифрования в области дискретной математики играют ключевую роль в создании криптографических систем для обеспечения безопасности данных.
6. Логика и глубокие рассуждения: Логика высказываний и предикатов, внедренные в дискретной математике, являются критически важными для проектирования и проверки программных и аппаратных систем.

7. **Фундаментальные знания:** Дискретная математика служит основой для различных дисциплин, таких как информатика, теория информации и исследование операций, предоставляя ключевые концепции и методы для глубокого понимания этих областей.

Дискретная математика обретает свою важность, основываясь на ее способности мастерски решать задачи в условиях ограниченных ресурсов. Она предоставляет инструменты для анализа и решения задач с небольшим числом переменных, ограничениями по времени и пространству, что придает ей ценность в разработке эффективных алгоритмов и оптимизации бизнес-процессов. В этом контексте дискретная математика становится надежным компаньоном в искусстве извлечения максимальной эффективности из ограниченных ресурсов, ведь она предлагает точные и логичные решения для сложных задач в мире ограниченных возможностей.

Важность и разнообразие применения дискретной математики в нашей жизни:

Уже стало понятно, что дискретная математика помогает разрешить вопросы об оптимизации, алгоритмизации и все, что связано с вычислениями, упрощениями и тому подобное. Сейчас, наверное, уже везде можно встретить вещи, где задействована дискретная математика. Если просто подумать о том, где используется дискретная математика, то можно прийти до мысли, что дискретная математика используется везде и в абсолютно разных сферах. В программировании, в бизнесе, политике, биологии, медицине, географии, физике, просто в аэропорту, где вывешены схемы авиалиний, любые транспортные сети, такие, которыми пользуются приложения, к примеру Яндекс.Карты. При чем это приложение популярно среди людей молодого возраста. И это еще малая часть.

В большинстве своём дискретная математика задействована во всех информационных технологиях. А современный мир сейчас нельзя представить без информационных технологий. К тому же весь мир сейчас и стремится в эту область знаний. Соответственно, в дальнейшем, чтобы просто ориентироваться в этом мире, дискретная математика точно пригодится и будет нужна просто даже для выживания. В дополнение к этому, объём информации в сети интернет возрастает с каждым днём. С увеличением количества информации возрастает необходимость сортировать, оптимизировать строение информационных потоков, грамотно структурировать информацию так, чтобы можно было в ней ориентироваться. Здесь тоже требуется Дискретная математика. В скором времени информации станет настолько много, что без сортировки всей имеющейся информации будет не обойтись.

Кстати, даже в учебных заведениях учебный план составляется с применением дискретной математики. Без этих знаний вряд ли какое-либо учебное заведение смогло бы составить учебный план таким образом, чтобы все его составляющие были необходимым и достаточным для студентов и учеников для общего понимания и знания предметов, которые они изучают.

Как ещё один аргумент, почему вам нужна дискретная математика: бывают такие дни, когда вам нужно сделать слишком много дел за короткое время, или (актуально для студентов) выучить большое количество информации, в общем, большое количество действий, вещей, которые нужно выполнить в ограниченное время. Здесь же опять на помощь приходит дискретная математика. Проще говоря, дискретная математика не только дает знания о способах алгоритмизации, оптимизации и поиска пути упрощения информации, а эта дисциплина улучшает ваши умственные способности, благодаря чему вы можете решать многие повседневные задачи гораздо быстрее, чем если бы вы совсем не были знакомы с содержанием этой дисциплины.

Если брать во внимание успешных людей, посмотреть на их образ жизни, то можно понять, что он составлен очень эффективно, наименее энергозатратно, на сколько это возможно, но при этом ни одна важная часть образа их жизни не отпадает. Я имею в виду то, что каждая составляющая их образа жизни играет важную роль в достижении целей, каждая составляющая приносит свои плоды успешному человеку и ни одну из них нельзя откинуть, проще говоря «необходимость и достаточность». За один день успешный человек успевает сделать примерно в 2,5 раза больше дел, чем делает обычный среднестатистический. Если просто взглянуть на распорядок дня таких людей, то можно понять, что он очень хорошо спланирован, очень хорошо организован, без всяких излишних действий. Все очень хорошо продумано и все ради достижения своих целей. Так, из этого небольшого анализа, должна была

выходить идея о том, что если вы хотите стать производительнее в каждом дне, а вы хотите, так как это во первых – экономия времени, а время – это деньги, следовательно ваш заработок будет больше, а жизнь счастливее (пример транзитивного отношения, кстати, советую почитать), и во вторых – это улучшит ваше состояние как ментальное, так и физическое, то вам нужно изучить дискретную математику, хотя бы основную её часть. Вы будете чувствовать себя намного лучше, если правильно составить ваш распорядок дня, гармонично структурировать порядок ваших действий. Подробнее об этом рекомендую прочитать на сторонних сайтах. В решении этого вопроса тоже способствует дискретная математика.

Делая выводы из этих небольших примеров применения дискретной математики в нашей жизни, можно сказать, что дискретная математика применяется не только в информационной сфере, экономике и других научных сферах. Наверное, уже стало понятно, что дискретная математика помогает людям и в повседневной жизни и имеет важное значение. Если бы никто из всего человечества не владел бы знаниями в этой науке, никто бы не смог решить таких простых задач, как построение кратчайшего пути от вашего дома до нужного вам места (т.к. даже приложения с картами придуманы для быстрого перемещения между двумя точками места вашего проживания с применениями знаний из этой науки), выстроить сложное расписание своих дел, построить путь быстрого решения какой-либо задачи, сократить время при приготовлении пищи (упрощение системы, посредством удаления из неё лишних деталей), сориентироваться в крупном торговом центре, который имеет множество этажей, магазинов и коридоров (сориентироваться в сложной структуре), правильно организовать своё рабочее место, убрав всё лишнее.

Стоит, кстати, отметить, что дискретная математика помогает также ориентироваться в сложных структурированных системах, таких как: система государственного управления, система работы процессора, система построения бизнеса, любой некий язык, рассматриваемый, как система отношений слов и частей речи между собой в предложении. То есть знания этой науки способствуют улучшенному пониманию о том, как работает и как устроена данная система, позволяют свободно лавировать между объектами данной системы, свободно в них разбираться и переходить от одного объекта к другому, если оно нужно, корректно выбирать объекты под свои цели, учитывая их отношения. Хочу заметить, что примеры систем, приведенных выше, не являются какими-то особо вычислительными системами, это системы, которые мы привыкли видеть, слышать и с которыми мы привыкли работать в нашей жизни.

Ещё немного интересного про дискретную математику:

Дискретная математика рассматривает вещи отдельно друг от друга, как некие объекты, имеющие свои свойства. Каждый объект индивидуален и может рассматриваться как отдельная самостоятельная система, состоящая из других объектов, образующих множество. А сами сложные системы рассматриваются как отношения между объектами этой системы. Именно структурированное понимание системы позволяет грамотно использовать объекты и отношения между объектами для своих целей или поставленной задачи. На основе данных отношений внутри системы далее можно будет построить свою систему. Дискретная математика дает понимание связей между объектами, их свойств, описывает и представляет структуру сложных систем.

Корректное понимание отношений между объектами данной системы позволяет упрощать её, удалением из неё лишних деталей, тем самым оптимизируя её. Также четкое понимание самой структуры системы способствует облегченному ориентированию в ней, среди её объектов.

Также стоит сказать, что изучение некоторых свойств объектов, определенных в дискретной математике, вы, конечно же, можете изучать посредственно некоторых жизненных задач или явлений, которые уже напрямую дают понимание отношений вещей и их свойств, и свойства самих отношений. Например: если вы понимаете, что в семейной иерархии есть человек А, стоящий выше вас, и есть ещё один человек В, стоящий выше человека А, то естественно считать, что этот человек В стоит выше вас тоже. Исходя из этого и ещё нескольких подобных жизненных примеров, вы сразу можете понять, что такие отношения между объектами в жизни существуют, и их может быть немало. Такие жизненные примеры дают вам просто понимание того, что подобные отношения в жизни существуют, и может в некоторых случаях где-то вы это можете использовать. Но именно дискретная математика определяет и описывает эти отношения объектов и их свойства. Эта наука уже сразу даёт вам знания о всех существующих связях вещей этого мира, что упрощает его понимание.

Интересное приобретение от изучения дискретной математики:

Ещё одно интересное следствие от изучения этой дисциплины. Так как в ней рассматриваются объекты, как отдельный «организм», это может поменять ваше мировоззрение, вы сможете смотреть на этот мир немного под другим углом. Большинство людей сейчас живут «сквозь время», постоянно спешат куда-то, мчатся к своим целям, выполняя их одна за другой, не замечая при этом окружающего мира, окружающей их обстановки. Для этих людей мир – просто как что-то одно целое, уже изученное, как одна система, в которой они же живут и через которую «летят». Грубо говоря, так и есть, но пока эти люди «летят» к своим целям, они не замечают вещей, которые их окружают, так как эти вещи для них не играют особой роли, для выполнения их целей. Так как при изучении этой дисциплины вы сталкиваетесь с изучением свойств объектов и их связей с другими объектами, вы научитесь смотреть на объект, как на что-то самостоятельное, целое, как на отдельную систему, каждый объект теперь будет для вас как отдельный маленький мир, и каждый такой объект удивителен и разнообразен связями объектов, расположенных внутри него с такими же отношениями как и во всём мире. Каждый объект для вас будет теперь индивидуален и более интересен. А в следствии изучения отношений между объектами, вы поймёте, что каждый такой индивидуальный объект в этом мире состоит в отношениях с другими такими же индивидуальными объектами, и всё в этом мире состоит из этих отношений. Тогда вы поймёте, на сколько этот мир удивительный, буквально откроете глаза на новый мир, как будто вы только родились. Как вывод: Дискретная математика не только учит, но и меняет мировоззрение человека, делает его лучше.

Применение дискретной математики в научных сферах нашей жизни:

А теперь переходим к применению дискретной математики в научных (специализированных) областях нашей жизни.

IT сфера:

Очевидно, что в IT сфере дискретная математика используется больше всего, так как там проводятся больше всего вычислений, следовательно требуется большее число оптимизации, составления алгоритмов, упрощений и так далее. Применение знаний этой науки в информационных технологиях настолько велико, что для этого потребуются написание ещё одной статьи. (Я напишу здесь только некоторые примеры применения.) В основном я опишу примеры использования этих знаний в программировании.

Изучение раздела логики и доказательства помогают программисту понять, как можно алгоритмизировать выражения, проверить их истинность и просто закладывает основы записи выражений переменными и функциями. В частности, используя предикаты и кванторы, методы доказательств, а также математическую индукцию. Знания из этого раздела способствуют программированию почти любого логического высказывания.

Из раздела теории множеств можно узнать какие операции над множествами можно совершить и какие есть свойства операций над этими множествами. Это помогает программисту понять, как работать со множествами на практике. Так же это способствует более четкому пониманию работы интегрированной среды разработки (IDE) со множествами. Например, в современных языках программирования перед объявлением переменной IDE требует написания типа переменной, которую вы объявляете. Сам тип переменной на самом деле является множеством, а переменной присваивается значение из множества этого типа. Поэтому для каждого типа переменной выделяется разный объём области памяти.

Наверное, один из важных разделов дискретной математики для программирования является Отношения. Отношения обозначаются буквой R и пишется xRy (что читается, как « x » состоит в отношении R с « y »). Они представляют собой связь нескольких элементов одного или нескольких множеств. В зависимости от количества элементов отношения подразделяют на виды: 1-мерное отношение, 2-мерное отношение, ..., n – мерное отношение, где n – количество элементов. Двумерное отношение ещё называется бинарным. Это одна из важных тем просто потому, что любое логическое выражение, содержащее два элемента из множеств, является отношением. То есть будь то $x = y$; $x > y$; $x \leq y$; являются бинарными отношениями на некотором множестве. И так же эти бинарные отношения и составляют большую часть программного кода. Более того, отношения нужны для работы с системами управления баз данных (СУБД). Отношения – это основа работы любой СУБД.

Комбинаторика – это раздел, который решает задачи, связанные с расположением элементов в множества в соответствии с заданными условиями. Комбинаторика важна для

программиста тем, что, владея знаниями этого раздела, можно улучшить эффективность алгоритмов в программном коде.

Теория графов позволяет программисту создавать списки, чьи структуры схожи с видами графов. Знание теории графов позволяет использовать разновидность графов для поставленных целей и задач. Например, если нам нужен такой список, в котором можно было бы совершать поиск, то лучше всего подойдет список упорядоченных данных в виде двоичного дерева, так как преимущество такого списка заключается именно в том, что к этому списку можно построить эффективный алгоритм нахождения каких-то конкретных значений. Также можно включить новые данные в дерево и распечатать всю содержащуюся в нем информацию. Имея представление о графах, можно грамотно пользоваться разновидностью графов, подходящих под конкретную задачу.

Помимо программирования информационные технологии включают в себя и другие науки. Одной из них является криптография. Криптография занимается разработкой защитных структур и паролей для компьютеров и электронных систем, основываясь на принципах дискретной математики. Это обусловлено тем, что компьютеры обрабатывают информацию в виде отдельных битов. Теория чисел, важная часть дискретной математики, играет ключевую роль в создании и взломе числовых паролей. Так, например, одно из достижений криптографии – алгоритм шифрования RSA. Он основан на математических принципах теории чисел и арифметики по модулю, а сам алгоритм заключается в преобразовании исходного текста в целые числа и затем шифровании целых чисел посредством двух больших простых чисел, используя формулу $x^E \pmod{p \cdot q}$, где x – целое число, E – простое открытое (доступное для всех) число, p и q – простые большие числа. Используя теорему простых чисел, арифметику по модулю, теорию конгруэнций, теорему Эйлера был создан алгоритм шифрования RSA. Все эти теории принадлежат дискретной математике. Дискретная математика сыграла большую роль в обеспечении безопасности и надежности операций шифрования и дешифрования алгоритма RSA.

Бизнес:

Дискретная математика также играет важную роль в различных аспектах бизнеса. Ниже приведены несколько областей, где применяются принципы дискретной математики:

1. Оптимизация бизнес-процессов: - Графовая теория используется для моделирования и оптимизации логистических и транспортных сетей, что позволяет улучшить эффективность поставок и распределения товаров.
2. Управление запасами: - Методы теории инвентаризации, такие как моделирование событий и теория очередей, используются для оптимизации уровней запасов и улучшения обслуживания заказов. Эти теории не являются прямыми наследниками дискретной математики, но они используют дискретные математические модели и методы на практике в определенных ситуациях.
3. Маркетинговые исследования: - Дискретные методы используются для разделения клиентов на группы по различным характеристикам, а графовая теория может использоваться для моделирования связей в сети клиентов или потребителей.
4. Финансовая аналитика: - Дискретная математика используется для моделирования финансовых инструментов, оценки рисков и разработки алгоритмов для финансовых решений.
5. Информационные технологии: - Алгоритмы и структуры данных из области дискретной математики широко применяются в программировании и разработке программного обеспечения.

Применение дискретной математики в бизнесе позволяет улучшить процессы, повысить эффективность и принимать обоснованные решения на основе математических моделей и анализа данных.

Политика:

Дискретная математика также может быть применена в политике. Она играет важную роль в анализе данных и принятии решений.

1. Теория графов: - Теория графов может использоваться для моделирования и анализа социальных связей между политическими акторами, партиями и избирателями.

2. Методы оптимизации: -Оптимизационные методы применяются для эффективного разделения ресурсов, таких как бюджет, между различными областями и проектами.
3. Теория игр: -Применение теории игр наряду с дискретными методами для анализа стратегий различных политических актеров, взаимодействия между ними и решения конфликтов.
4. Математическое моделирование: -Дискретная математика предоставляет инструменты для математического моделирования, чтобы спрогнозировать результаты выборов, учитывая различные факторы, такие как предпочтения избирателей и изменения в общественном мнении.

Дискретная математика в политике способствует более эффективному анализу сложных взаимодействий и оптимизации использования ресурсов в политических системах.

Биология:

Дискретная математика находит применение в биологии, предоставляя инструменты для моделирования и анализа дискретных структур и процессов в биологических системах.

1. Генетика и геномика: - Моделирование генетических структур и процессов с использованием теории графов для анализа взаимодействий между генами и клетками. Примеры включают в себя моделирование генетических сетей и анализ генетических маршрутов.
2. Молекулярная биология: - Применение дискретных структур, таких как строки и последовательности, для моделирования биологических данных, таких как ДНК, РНК и белки. Алгоритмы для выравнивания последовательностей также часто используют дискретные методы.
3. Системы биологии: - Использование дискретных моделей для анализа систем биологического уровня, таких как моделирование популяций в экологии и взаимодействия в биологических сетях.
4. Экспериментальные дизайны: - Применение комбинаторики и теории графов для проектирования и анализа биологических экспериментов, определение оптимальных условий и обработок.

Медицина:

Дискретная математика находит применение в медицинских исследованиях и практике, предоставляя инструменты для моделирования и анализа различных аспектов здравоохранения.

1. Графовые модели медицинских сетей: - Анализ сетевых взаимосвязей между пациентами, врачами и медицинскими учреждениями с использованием теории графов.
2. Геномика и биоинформатика: - Применение алгоритмов дискретной математики для анализа последовательностей ДНК, РНК и белков, выявления генетических взаимосвязей и прогнозирования структуры биомолекул.
3. Моделирование распространения болезней: - Применение теории графов и дискретных моделей для моделирования распространения инфекций и эпидемий с целью остановить распространения инфекций, а также определения оптимальных стратегий вакцинации.
4. Медицинский мониторинг: - Использование дискретных моделей для упрощенного представления и анализа физиологических параметров пациентов.
5. Оптимизация лечения: - Применение методов оптимизации для оптимального планирования и распределения медицинских ресурсов, управления расписанием и организации лечения.

Дискретная математика в медицине способствует развитию эффективных и инновационных методов для лечения и управления здравоохранением.

География:

В этой науке самый популярный раздел дискретной математики – это, конечно же, теория графов. На основе методов этой теории строится анализ структур схем, карт, производится построение маршрутов, определяется взаимосвязь объектов (субъектов) на карте.

1. Теория графов: - Моделирование и анализ сетей транспорта и коммуникаций, таких как дорожные сети, трубопроводы, электросети, с использованием теории графов. Это может включать в себя оптимизацию маршрутов, поиск кратчайших путей и анализ структуры транспортных сетей.
2. Географические информационные системы (ГИС): - Использование дискретных структур для организации и анализа пространственных данных, таких как точки, линии и полигоны, а также для обработки и анализа картографических данных.
3. Территориальное планирование: - Применение комбинаторики и оптимизации для решения задач территориального планирования, например, для оптимального распределения ресурсов, размещения объектов и разработки территориальных границ.
4. Моделирование растительности и экосистем: - Использование дискретных моделей для анализа и моделирования распределения растительности, экосистем и влияния географических факторов на их структуру и динамику.
5. Моделирование климата и атмосферы: - Применение дискретных моделей для моделирования климатических явлений, например, использование дискретных уравнений для описания переноса влаги и тепла в атмосфере.

Заключение

Как видно из примеров, дискретная математика используется почти во всех сферах нашей жизни. Её применение многообразно, и даже в тех ситуациях, где на первый взгляд её использование невозможно, можно найти ей место. Ответ на вопрос: «для чего нужна дискретная математика?», напрашивается сам: для алгоритмизации, проектирования, оптимизации, структурирования многих систем, без этих методов которые не могут быть осуществлены или обеспечены качеством работы этих систем. Дискретная математика закладывает основы для развития различных наук, для улучшения многих компонентов нашей жизни. Она даёт инструментарий для работы с многими системами, и предоставляет основы для решения разнообразных задач во многих областях. Дискретная математика делает нашу жизнь проще, помогает нам во многих отраслях, проектирует многие системы. Без этой науки наша жизнь была бы гораздо сложнее сконструирована и многие вещи бы тяжело поддавались изучению и использованию, что потребовало бы какого-либо их усовершенствования. Дискретная математика делает это за нас.

1. Методы математической статистики в педагогическом эксперименте Белашова Е.С., Кремлёва Э.Ш. Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2010. № 1 (4). С. 124-126.
2. Программные средства поддержки самостоятельной работы студентов в рамках курса "компьютерное моделирование процессов и систем" для студентов технических ВУЗов Кремлева Э.Ш., Новикова С.В. Образовательные технологии и общество. 2018. Т. 21. № 1. С. 363-387.
3. Алгоритм построения модели каскадной нейросетевой фильтрации данных с различной степенью детализации Кремлёва Э.Ш., Кирпичников А.П., Новикова С.В., Валитова Н.Л. Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 8. С. 109-115.
4. Метод классификации нетипизированных объектов на основе каскадного нейросетевого фильтра и конечного детерминированного автомата Кремлева Э.Ш. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2019. № 1. С. 83-100.
5. Кодирование мягких циклических данных при помощи псевдо-нечеткой меры Новикова С.В., Кремлева Э.Ш., Валитова Н.Л. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2019. № 3. С. 90-101.
6. Перспективы применения технологии rwa для расширения e-learning систем на мобильные платформы Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш., Кашафутдинов Р.К. Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23. № 1. С. 115-124.

7. Подготовка базы данных использования интернета вещей для регулирования потребления энергии Каблуков В.Р., Валитова Н.Л., Кремлева Э.Ш. Научный аспект. 2023. Т. 13. № 4. С. 1587-1592.
8. Применение дискретной математики в информационных системах и технологиях Карабанов Л.Д., Кремлева Э.Ш. Тенденции развития науки и образования. 2023. № 98-10. С. 170-173.
9. Модели и методы интеллектуальной обработки данных для систем поддержки принятия решений (на примере систем экологической безопасности) Кремлева Э.Ш. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». 2021
10. Математическая модель расчета характеристик транспортного маршрута Петрова Е.А., Филимонова Т.К., Овсенко Г.А., Кремлева Э.Ш. Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 9. С. 39-42.
11. Дискретная математика в информационных системах и технологиях Юнусов А.Р., Кремлева Э.Ш. Тенденции развития науки и образования. 2023. № 103-7. С. 162-166.
12. Нейросетевые подходы к поиску латентных связей в многомерных данных Новикова С.В., Ибятков Р.И., Валиев А.А., Кремлева Э.Ш. Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2014. № 6 (65). С. 128-131.
13. Technology of multilevel interuniversity indicators as a factor for increasing academic mobility. Experience based on russian federal educational standards Snegurenko A.P., Zaydullin S.S., Novikova S.V., Valitova N.L., Kremleva E.S. Integration of Education. 2022. Т. 26. № 1 (106). С. 55-71.
14. Использование различных алгоритмов нейро-нечеткого управления экологическим риском в зоне действия полимерных производств Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Кремлева Э.Ш. Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 17. С. 262-264.

Ратцев А.Р.

Сравнительный регрессионный анализ потребления контента

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-518

Аннотация

Рассматривается сравнительный регрессионный анализ потребления контента на основе использования данных о различных характеристиках YouTube канала на математическую тематику в разные сезоны года (январь и август), с хорошими и плохими показателями. На основании вышесказанного, была создана и обучена регрессионная модель, и проведен ее сравнительный анализ.

Ключевые слова: анализ данных, линейная регрессия, Python, контент, сезон.

Abstract

A comparative regression analysis of content consumption is considered based on the use of data on various characteristics of a YouTube channel on mathematical topics in different seasons of the year (January and August), with good and bad indicators. Based on the above, a regression model was created and trained, and its comparative analysis was carried out.

Keywords: data analysis, linear regression, Python, content, season.

1. Введение

Анализ структуры потребления контента необходим для сравнительной характеристики возможности обучения модели на разных сезонах. Это необходимо для установления зависимости в структурах потребления контента в разные сезоны года.

1.1. Теоретическая часть

Для решения поставленных задач была использована линейная регрессия и, построенная на ее основе, регрессионная модель.

Регрессионные модели широко применяются для анализа и предсказания данных. [5] Линейная регрессионная модель отражает связь между значениями основных независимых переменных. [2]

1.2. Постановка задачи.

Для анализа были собраны исходные данные YouTube канала за хороший и плохой сезоны. Хороший и плохой сезоны определялись по основным показателям потребления контента. На основе полученных данных были построены и обучены две модели в хороший и плохой сезон, проведена нормализация данных и, принимая каждый из признаков за целевую функцию, проведен сравнительный анализ структуры потребления контента в каждый из выбранных сезонов.

1.3. Технологии

Для выполнения поставленной задачи, потребовались следующие библиотеки Python:

Pandas – библиотека для работы с данными. Данные в Pandas предоставляются в двух видах, Series и DataFrame. Series – объект, похожий на одномерный массив, и содержащий любые типы данных. DataFrame – основной тип данных в Python, который представляется в виде таблицы, также содержащей в себе любые типы данных. С помощью Pandas возможно заранее подготовить данные к дальнейшей работе с ними, например, убрать пропуски в данных, заменить, отсортировать, отфильтровать или, по-другому, изменить данные. [3]

Matplotlib – библиотека для визуализации данных. С помощью нее можно создать любые виды графиков. [4]

Sklearn – полное название библиотеки Scikit-learn, используется для машинного обучения и имеет свои преимущества в виде легкой интеграции с другими библиотеками, также в библиотеке представлены различные алгоритмы классификации, регрессии и кластеризации. [3]

2. Описание данных

Данные доступны по ссылке:

<https://www.dropbox.com/scl/fo/ex9p9rgxg5k5viqfgwv9u/h?rlkey=dmf9e67444kyrg454n6ngmmrf&dl=0>

Для выполнения исследования нам понадобятся два dataframe, в которых отображены данные за два исследуемых месяца – январь и август. В них содержатся следующие признаки: новые комментарии, поделились, отметки «Нравится», просмотры, время просмотра (часы), показы.

3. Алгоритм

3.1. Импорт библиотек

Для выполнения задачи нам понадобились следующие библиотеки:

Pandas – в нашей работе пригодилась для чтения csv файлов, создания dataframe, расчета среднего значения и нормализации данных, и дальнейшей работе с ними.

Matplotlib – в нашей работе используется модуль Pyplot, с помощью которого создаются оси, координатные сетки, размерности и отображаются фигуры и графики.

Sklearn – в нашей работе использовался отдельный модуль библиотеки, linear_model, который понадобился для создания, обучения и дальнейшей работы с линейными регрессионными моделями.

```
In[1]:
```

```
import pandas as pd
import sklearn.linear_model as skl
import matplotlib.pyplot as plt
```

3.2. Чтение данных

Читаем данные из файла при помощи метода read_csv и формируем dataframe Pandas.

```
In[2]:
```

```
df_01 = pd.read_csv('2022_01.csv')
df_01
```

```
Out[2]:
```

Таблица 1

Dataframe данных за январь месяц.

	Новые комментарии	Поделились	Отметки "Нравится"	Просмотры	Время просмотра (часы)	Показы
0	4.0	17.0	25.0	1310.0	82.2828	5043.0
1	3.0	5.0	7.0	571.0	15.4299	1449.0
2	2.0	3.0	12.0	491.0	18.2432	1811.0
3	2.0	13.0	24.0	1635.0	87.2852	10525.0
4	2.0	12.0	18.0	644.0	32.7337	3822.0
...
494	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0484	119.0
495	0.0	1.0	1.0	68.0	2.0193	363.0
496	0.0	0.0	0.0	9.0	0.4226	315.0
497	0.0	0.0	0.0	5.0	0.1594	267.0
498	0.0	7.0	4.0	336.0	11.3085	1384.0

499 rows × 6 columns

```
In[3]:
df_08 = pd.read_csv('2022_08.csv')
df_08
```

Out[3]:

Таблица 2

Dataframe данных за январь месяц.

	Новые комментарии	Поделились	Отметки "Нравится"	Просмотры	Время просмотра (часы)	Показы
0	3.0	0.0	4.0	85.0	3.2430	2590.0
1	2.0	0.0	12.0	119.0	3.9965	1775.0
2	2.0	0.0	3.0	39.0	0.6958	2728.0
3	2.0	0.0	5.0	125.0	2.4755	3660.0
4	1.0	0.0	1.0	14.0	0.2288	1482.0
...
493	0.0	0.0	1.0	27.0	0.6983	121.0
494	0.0	0.0	2.0	87.0	3.9582	1027.0
495	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0997	99.0
496	0.0	0.0	1.0	6.0	0.4839	120.0
497	0.0	0.0	1.0	31.0	1.2401	196.0

498 rows × 6 columns

3.3. Сравнение средних значений

```
In[4]:
df_mean = pd.DataFrame()
df_mean['Январь'] = df_01.mean()
df_mean['Август'] = df_08.mean()
df_mean['Отношение'] = df_01.mean()/df_08.mean()
Out[4]: df_mean
```

Таблица 3

Таблица средних значений.

	Январь	Август	Отношение
Новые комментарии	0.060120	0.034137	1.761169
Поделились	0.476954	0.128514	3.711298
Отметки "Нравится"	1.354709	0.538153	2.517333
Просмотры	62.591182	16.638554	3.761816
Время просмотра (часы)	2.816910	0.622618	4.524296
Показы	486.052104	411.369478	1.181546

В результате приведения данных к средним значениям мы видим, что значения на высоком сезоне потребления выше, чем значения на низком сезоне потребления.

3.3. Нормализация данных

В результате приведения к среднему мы можем заметить, что значения у разных признаков могут различаться на несколько порядков. Это приведет к тому, что при построении модели на данных с таким большим разбросом исходных данных возникнет перекося одних признаков за счет других. Чтобы этого избежать необходимо нормализовать данные, в следствии чего среднее значение у данных будет равно 0, а среднее квадратичное отклонение - 1:

In[5]:

```
df_01=(df_01- df_01.mean())/df_01.std()
```

```
df_08=(df_08- df_08.mean())/df_08.std()
```

3.3. Построение и обучение модели. Целевая функция «Показы»

Строим и обучаем модели на двух сезонах с целевой функцией «Показы» и сравниваем коэффициенты детерминации.

In[6]:

```
X_01 = df_01.drop(columns = ['Показы'])
```

```
y_01 = df_01['Показы']
```

```
model_01 = skl.LinearRegression()
```

```
model_01.fit(X_01 , y_01)
```

```
model_01.score(X_01,y_01)
```

Out[6]:

```
0.8097439432857481
```

In[7]:

```
X_08 = df_08.drop(columns = ['Показы'])
```

```
y_08 = df_08['Показы']
```

```
model_08 = skl.LinearRegression()
```

```
model_08.fit(X_08 , y_08)
```

```
model_08.score(X_08,y_08)
```

Out[7]:

```
0.4218937508505456
```

В результате построения и обучения моделей мы видим, что модель обученная на данных высокого сезона потребления дает больший коэффициент детерминации, чем на данных низкого сезона потребления.

3.4. Сравнение коэффициентов регрессионных моделей

In[8]:

```
plt.figure(figsize=(5,3))
```

```
plt.grid()
```

```
plt.plot(model_01.coef_,label = "Январь")
```

```
plt.plot(model_08.coef_,label = "Август")
```

```
plt.legend()
```

```
plt.show()
```

Out[8]:

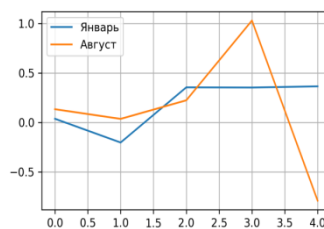


Рисунок 1. Показатели коэффициентов регрессионной модели за январь и август

3.5. Перекрестное тестирование моделей

In[9]:

```
print("Учились на 01,тестировали на 01,R2=",model_01.score(X_01,y_01))
```

```
print("Учились на 01,тестировали на 08,R2=",model_01.score(X_08,y_08))
```

```
print("Учились на 08,тестировали на 01,R2=",model_08.score(X_01,y_01))
```

```
print("Учились на 08,тестировали на 08,R2=",model_08.score(X_08,y_08))
```

Out[9]:

```
Учились на 01, тестировали на 01,R2= 0.8097439432857481
```

```
Учились на 01, тестировали на 08,R2= 0.007286086118909796
```


Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.6369822751509367$
 Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.4218937508505456$
 3.6. Комбинаторный перебор целевых функций

In[10]:

```
cols = df_01.columns
for target in cols:
    print("")
    print('Целевая функция:', target)
    X_01 = df_01.drop(columns = [target])
    y_01 = df_01[target]
    model_01 = skl.LinearRegression()
    model_01.fit(X_01 , y_01)
    X_08 = df_08.drop(columns = [target])
    y_08 = df_08[target]
    model_08 = skl.LinearRegression()
    model_08.fit(X_08 , y_08)
    plt.figure(figsize=(5,3))
    plt.grid()
    plt.plot(model_01.coef_,label = "Январь")
    plt.plot(model_08.coef_,label = "Август")
    plt.legend()
    plt.show()
    print("Учились на 01, тестировали на 01,  $R^2 =$ ", model_01.score(X_01, y_01))
    print("Учились на 01, тестировали на 08,  $R^2 =$ ", model_01.score(X_08, y_08))
    print("Учились на 08, тестировали на 01,  $R^2 =$ ", model_08.score(X_01, y_01))
    print("Учились на 08, тестировали на 08,  $R^2 =$ ", model_08.score(X_08, y_08))
Out[10]:
```

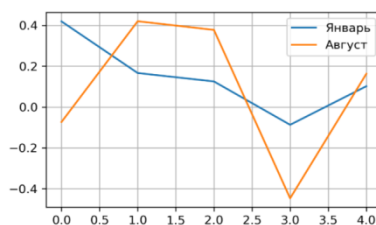


Рисунок 2. Целевая функция: Новые комментарии.

Учились на 01, тестировали на 01, $R^2 = 0.46928666199481683$
 Учились на 01, тестировали на 08, $R^2 = -0.007450749503081333$
 Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.3341414408863713$
 Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.2936087509491996$

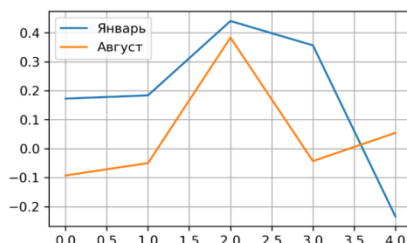


Рисунок 3. Целевая функция: Поделлись.

Учились на 01, тестировали на 01, $R^2 = 0.7812958193799078$
 Учились на 01, тестировали на 08, $R^2 = -0.320420469886632$

Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.37643611090373785$
Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.10730255967510194$

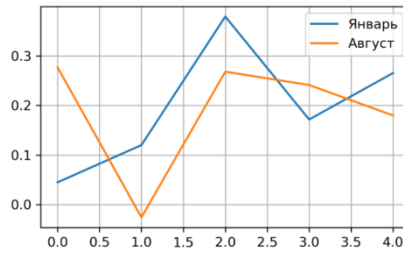


Рисунок 4. Целевая функция: Отметки "Нравится".

Учились на 01, тестировали на 01, $R^2 = 0.857523427095452$
Учились на 01, тестировали на 08, $R^2 = 0.4613361265696162$
Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.818816470878089$
Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.5346108216012555$

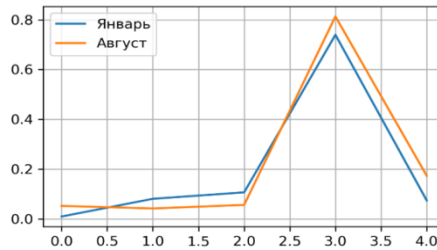


Рисунок 5. Целевая функция: Просмотры.

Учились на 01, тестировали на 01, $R^2 = 0.9600003487248709$
Учились на 01, тестировали на 08, $R^2 = 0.8859537728204897$
Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.944684785180503$
Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.9026685230898335$

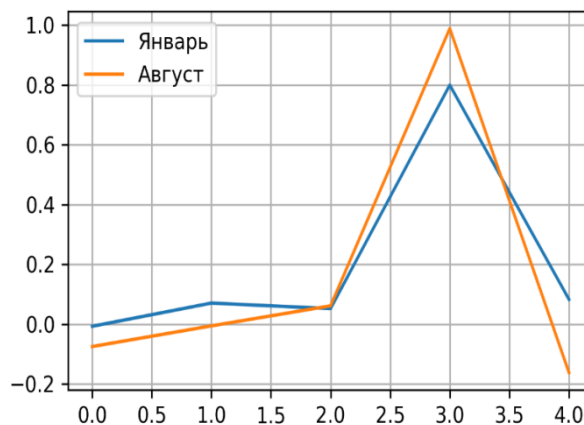


Рисунок 6. Целевая функция: Время просмотра (часы).

Учились на 01, тестировали на 01, $R^2 = 0.9567457575018928$
Учились на 01, тестировали на 08, $R^2 = 0.81900760332834$
Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.9226195252905591$
Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.8816551079199351$

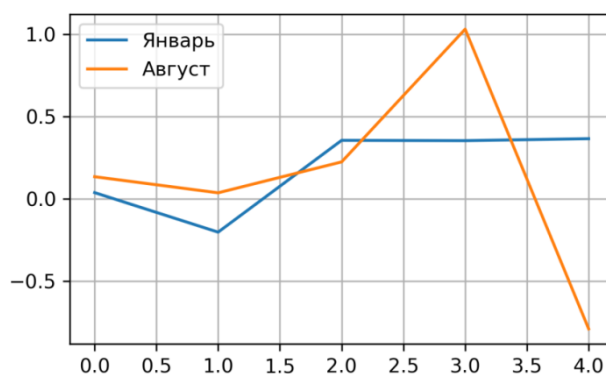


Рисунок 7. Целевая функция: Показы.

Учились на 01, тестировали на 01, $R^2 = 0.8097439432857481$

Учились на 01, тестировали на 08, $R^2 = 0.007286086118909796$

Учились на 08, тестировали на 01, $R^2 = 0.6369822751509367$

Учились на 08, тестировали на 08, $R^2 = 0.4218937508505456$

4. Результаты

В результате проведенного исследования мы видим, что при разных признаках, взятых за целевую функцию, возникает следующая зависимость. Модель обучаемая и тестируемая на данных высокого сезона потребления всегда имеет самый высокий коэффициент детерминации. Модель, обученная и протестированная на данных низкого сезона потребления, имеет коэффициент детерминации ниже, чем модель обучаемая на данных низкого сезона потребления и тестируемая на данных высокого сезона потребления. [1, 2]

5. Выводы

В работе были получены следующие результаты:

1. Выявлена зависимость структуры потребления между низким и высоким сезоном;
2. Для определения этой зависимости были использованы методы линейной регрессии и построения на ее основе регрессионной модели, с использованием библиотек Pandas, Matplotlib, Sklearn;
3. Были изучены взаимосвязи структуры потребления контента на данных низкого и высокого сезонов потребления и выведена следующая зависимость: на модели низкого сезона потребления можно обучить модель высокого сезона потребления и никогда наоборот, при этом мы видим, что в некоторых случаях, структура потребления высокого и низкого сезона оказывается схожей, а в некоторых нет.

1. Альберт, А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание: пер. с англ. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1977. - 224 с.
2. Себер, Дж. Линейный регрессионный анализ: пер. с англ. / под ред. М.Б. Малютова. М.: Мир.
3. Рихтер, Дж. Программирование на Python / Дж. Рихтер. - Москва: Изд-во РГУ, 2016.- 365 с. - Текст: непосредственный.
4. Бишоп, Дж. Python в кратком изложении / Дж. Бишоп. - Москва: Изд-во Бином, 2013. - 472 с. - Текст: непосредственный.
5. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит. - М.: Финансы и статистика, 1986.

РАЗДЕЛ XXI. ФИЗИКА

Гончаров А.И.

Оценка корреляций в простейших классических моделях экспериментов с запутанными фотонами

Алтайский государственный университет
(Россия, Барнаул)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-519

Аннотация

Для ЭПР-эксперимента А.Аспэ рассмотрен класс детерминистических моделей с одним скрытым параметром. Без использования неравенств Белла показано, что коэффициент корреляции $\overline{AB}(\theta)$ показаний детекторов, рассчитываемый в рамках таких моделей, не может при всех θ иметь истинное значение $\cos 2\theta$, которое предсказано квантовой механикой и подтверждено экспериментом.

Ключевые слова: фотоны, линейная поляризация, запутанные состояния, корреляции, классические модели, ряды Фурье.

Abstract

For A.Aspect's EPR experiment, a class of deterministic models with one hidden parameter is considered. Without using Bell's inequalities, it is shown that the correlation coefficient $\overline{AB}(\theta)$ of detector readings calculated within the framework of such models cannot for all θ have a true value $\cos 2\theta$, which is predicted by quantum mechanics and confirmed by experiment.

Keywords: photons, linear polarization, entangled states, correlations, classical models, Fourier series.

1. Введение

Рассмотрим эксперимент Аспэ [1], схема которого показана на рисунке 1. В каждом акте источник излучает в противоположных направлениях

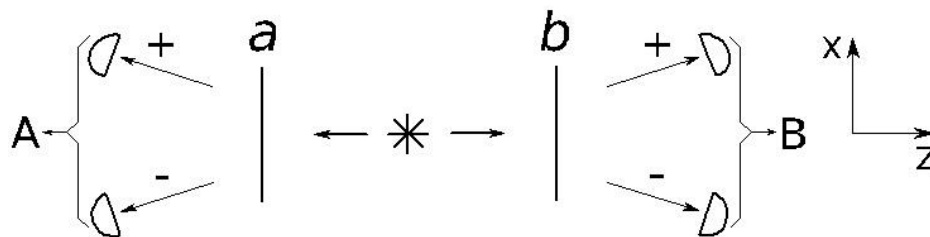


Рисунок 1. Схема эксперимента.

Два фотона, которые запутаны по линейной поляризации. Далее каждый фотон взаимодействует со своим анализатором. Углы ориентации осей анализаторов в плоскости XY соответственно равны a , b . Анализатор направляет фотон в один из двух каналов, которые обозначены «+» и «-». Показание детектора принимается соответственно равным +1 или -1. Случайные показания A , B детекторов, относящиеся к одной и той же запутанной паре фотонов, перемножаются, и на основе большого числа реализаций определяются коэффициенты корреляции – средние значения $\overline{AB}(a,b)$ при разных ориентациях анализаторов a , b .

Согласно предсказаниям квантовой механики [2] и результатам экспериментов [1], коэффициент корреляции зависит только от угла между осями анализаторов $\theta = b - a$ и имеет вид

$$\overline{AB} = \cos 2\theta. \quad (1)$$

Известно, что для коэффициентов корреляции, рассчитываемых в рамках классических моделей (в случае идеальных анализаторов и идеальных схем совпадений), почти во всех точках θ выполняется $|\overline{AB}_{\text{класс}}| < |\cos 2\theta|$ [3]. Невозможность получения $\overline{AB}_{\text{класс}} = \cos 2\theta \forall \theta$ обычно доказывается с помощью неравенств Белла. Например, величина $\overline{S} = \overline{AB}(a, b) - \overline{AB}(a, b') + \overline{AB}(a', b) + \overline{AB}(a', b')$ в классических моделях должна удовлетворять неравенству $|\overline{S}_{\text{класс}}| \leq 2$ (неравенство Белла в форме Клаузера – Хорна – Шимони – Холта [4]), в то время как (1) при некоторых a, b, a', b' приводит к $|\overline{S}| > 2$ [3].

В данной статье мы ограничиваемся рассмотрением классических моделей (подробно описанных в [5]) с одним скрытым параметром $\varphi \in [0, 2\pi]$ (угол ориентации плоскости поляризации фотона) и кусочно-непрерывными функциями $A(\varphi), B(\varphi)$ и явно показываем, что в рамках таких моделей получение (1) невозможно.

2. Уточнение модели и доказательство невыполнимости (1)

В обсуждаемых моделях полагают, что показание детектора однозначно определяется абсолютной величиной угла между осью анализатора и плоскостью поляризации фотона. Считаем, что анализаторы идентичны. Тогда

A, B определяются одной и той же четной функцией $E(\varphi)$, и (см., например, [5])

$$\overline{AB} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} E(\varphi - a)E(\varphi - b)d\varphi$$

С учетом условия однозначности функции E $E(\varphi + 2\pi) = E(\varphi)$ эта формула приводится к виду

$$\overline{AB} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} E(\varphi)E(\varphi - \theta)d\varphi. \quad (2)$$

Согласно сказанному выше предполагаем, что функция $E(\varphi)$ является кусочно-непрерывной, а так как она может принимать только значения ± 1 , то она также является кусочно-монотонной. Таким образом, для $E(\varphi)$ выполняются условия Дирихле, и ее можно представить в виде ряда Фурье

$$E(\varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n \cos n\varphi, \quad (3)$$

где

$$C_n = \frac{1}{\pi(1 + \delta_{n0})} \int_0^{2\pi} E(\varphi) \cos n\varphi d\varphi, \quad (4)$$

$$\delta_{nm} = \begin{cases} 1, n = m, \\ 0, n \neq m. \end{cases}$$

Тогда аналогично

$$E(\varphi - \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} C_k \cos k(\varphi - \theta). \quad (5)$$

Перечисленным выше требованиям к $E(\varphi)$ удовлетворяет также произведение $E(\varphi)E(\varphi - \theta)$; ряд Фурье для него может быть получен перемножением рядов (3), (5).

Почленное интегрирование ряда Фурье для $E(\varphi)E(\varphi - \theta)$ приводит к ряду для \overline{AB} , который, согласно [6](с. 208), является сходящимся.

Подставим (3), (5) в (2) и учтем $\cos k(\varphi - \theta) = \cos k\varphi \cos k\theta + \sin k\varphi \sin k\theta$;
 $\int_0^{2\pi} \cos k\varphi \sin n\varphi d\varphi = 0 \forall k, n \in Z$; $\int_0^{2\pi} \cos k\varphi \cos n\varphi d\varphi = \pi (1 + \delta_{n0}) \delta_{kn}$. В результате получим

$$\overline{AB} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1 + \delta_{n0}}{2} C_n^2 \cos n\theta. \tag{6}$$

Для точного выполнения равенства (1) при всех θ необходимо и достаточно, чтобы $\frac{1 + \delta_{n0}}{2} C_n^2 = \delta_{n2}$. В частности, необходимо

$$|C_2| = \sqrt{2}. \tag{7}$$

$$C_2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} E(\varphi) \cos 2\varphi d\varphi$$

Согласно (4), $E(\varphi) = \pm 1$, то

$$|C_2| \leq \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} |\cos 2\varphi| d\varphi = \frac{4}{\pi},$$

$$\frac{4}{\pi} < \sqrt{2}$$

и поскольку $\frac{4}{\pi} < \sqrt{2}$, то (7) не может быть выполнено. Тем самым показано, что (2) не может привести к результату (1) ни при какой кусочно-непрерывной функции $E(\varphi)$, принимающей только значения ± 1 . Отметим, что имеется бесконечное разнообразие таких функций, различающихся размерами интервалов непрерывности и их числом, а также взаимным расположением интервалов, в которых $E = 1$ и $E = -1$ [5].

3. Пример

В методических целях приведем пример вычисления коэффициента корреляции с помощью рядов Фурье. Пусть

$$E(\varphi) = \text{sgn} \cos 2\varphi \tag{8}$$

(см. рисунок 2).

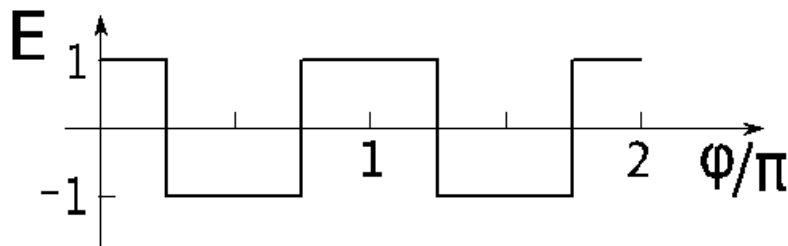


Рисунок 2. График функции (8).

Как известно [3], при такой $E(\varphi)$ при $|\theta| \leq \pi/2$

$$\overline{AB}(\theta) = 1 - 4|\theta|/\pi. \tag{9}$$

$$D_n(\Phi) = \int_0^\Phi E(\varphi) \cos n\varphi d\varphi$$

Обозначим $D_n(2\pi) = (1 + \cos \pi n)D_n(\pi)$, $D_n(\pi) = -2 \cos(\pi n/2)D_n(\pi/2)$, $D_n(\pi/2) = (2/n) \sin(\pi n/4)[1 - \cos(\pi n/4)]$. Из этих формул следует, что при $n \neq 2(2k+1)$ $D_n(2\pi) = 0$, а при $n = 2(2k+1)$ $D_n(2\pi) = (-1)^k 4/(2k+1)$. Тогда

$$\overline{AB}(\theta) = \frac{1}{2\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} [D_n^2(2\pi)/(1 + \delta_{n0})] \cos n\theta = \frac{8}{\pi^2} \sum_{k=0}^{\infty} \cos[2\theta(2k+1)]/(2k+1)^2$$

Согласно [7] (с. 732), $\sum_{k=0}^{\infty} \cos[(2k+1)x]/(2k+1)^2 = (\pi/8)(\pi - 2|x|)$, $|x| \leq \pi$. Поэтому при $|\theta| \leq \pi/2$ $\overline{AB}(\theta) = 1 - 4|\theta|/\pi$, что совпадает с (9).

1. Aspect A., Grangier P., Roger G. Experimental Realization of Einstein –Podolsky – Rosen – Bohm Gedankenexperiment: A New Violation of Bell's Inequalities // Phys. Rev. Lett. 1982. Vol. 49, No 2, p. 91-94.
2. Гриб А.А. Неравенства Белла и экспериментальная проверка квантовых корреляций на макроскопических расстояниях // УФН. 1984. Том 142, № 4, с. 619-634.
3. Aspect A. Bell's Theorem: The Naive View of an Experimentalist // Quantum [Un]speakables. Berlin, Heidelberg, 2002, p. 119-153.
4. Clauser J.F., Horne M.A., Shimony A., Holt R.A. Proposed Experiment to Test Local Hidden-Variable Theories // Phys. Rev. Lett. 1969. Vol. 23, No. 15, p. 880-884.
5. Гончаров А.И. Детерминистическая интерпретация закона Малюса и корреляции в экспериментах с запутанными фотонами // Известия АлтГУ. Физика. 2023. № 1 (129), с. 23-28.
6. Никольский С.М. Курс математического анализа. Т. 2. М.: Наука, 1983.
7. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. М., Наука, 1981.

Кошман В.С.

О возможности включить в описание движения Вселенной необратимость, события и стрелу времени

Пермский государственный аграрно – технологический университет
(Россия, Пермь)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-520

Аннотация

В статье приведены уравнения энергии фотонной и барионной составляющих материи Вселенной. Высказана гипотеза о том, что по ходу ранних термоядерных реакций расширяющаяся с охлаждением Вселенная заселяется обилием элементарных частиц. В момент «рождения» каждая из элементарных частиц характеризуется тем квантом энергии, который для нее персонально высвобожден окружающей Вселенную космической средой. Проведена оценка времени формирования типичной звезды Вселенной по окончанию периода термоядерных реакций.

Ключевые слова: вселенная, законы физики, барион – фотонное отношение, планковские величины.

Abstract

The article presents energy equations for the photon and baryon components of matter in the Universe. It has been hypothesized that during early thermonuclear reactions, the Universe, expanding with cooling, is populated with an abundance of elementary particles. At the moment of “birth”, each of the elementary particles is characterized by that quantum of energy that is personally released for it by the cosmic environment surrounding the Universe. An estimate was made of the formation time of a typical star in the Universe at the end of the period of thermonuclear reactions.

Keywords: universe, laws of physics, baryon - photon ratio, Planck quantities.

Цель этой работы – обратить внимание на информативный ресурс «горячей» модели Вселенной. Прежде определимся с содержанием терминов Вселенная, «горячая» модель Вселенной, реликтовое излучение, фотон, барион, барион – фотонное отношение, а далее, следуя газовой идеологии, выйдем на уравнение для объемной плотности энергии барионов Вселенной, а также решим три задачи.

Под Вселенной понимаем наблюдаемую частью «мироздания», которая представлена доступной для совокупностью природных материальных тел: звезд, планет, элементарных частиц, сосредоточенных в конечном по своей величине объеме V мирового пространства. «Горячая» модель Вселенной – это гипотеза о горячем первичном состоянии ранней Вселенной. Основание для гипотезы: высокие температуры T материальной среды в объеме V обеспечивали ход термоядерных реакций. В числе их естественных продуктов и реликтовое излучение. Реликтовое излучение – это приходящее из космоса микроволновое фоновое тепловое радиоизлучение (газ реликтовых фотонов). Фотон – это квант энергии электромагнитного поля. Барион – это собирательное название для протонов и нейтронов. В космологии барион - фотонное отношение $\beta_{b\varepsilon}$ по определению есть $\beta_{b\varepsilon} = \frac{\mathcal{N}_b}{\mathcal{N}_\varepsilon} = \frac{n_b}{n_\varepsilon}$ [2], где \mathcal{N}_b и \mathcal{N}_ε - соответственно количества реликтовых и барионов и фотонов во Вселенной, $n_b = \frac{\mathcal{N}_b}{V}$ и $n_\varepsilon = \frac{\mathcal{N}_\varepsilon}{V}$ - их объемные концентрации.

Сегодня регистрируемое аппаратурно реликтовое (то есть остаточное) изучение рассматривается как важнейшее свидетельство начального горячего состояния Вселенной. В описании ее движения участвуют [4, 8, 9, 10, 12 и др.] планковские единицы длины $L_{pl} = \left(\frac{\hbar \cdot G_H}{c^3}\right)^{1/2} = 1,61 \cdot 10^{-35}$ м, времени $t_{pl} = \left(\frac{\hbar \cdot G_H}{c^5}\right)^{1/2} = 5,39 \cdot 10^{-44}$ сек = $1,7 \cdot 10^{-51}$ лет, массы $m_{pl} = \left(\frac{\hbar \cdot c}{G_H}\right)^{1/2} = 5,56 \cdot 10^{-8}$ кг = $10^{-38} M_\odot$, температуры $T_{pl} = \left(\frac{\hbar}{k_B \cdot G_H}\right)^{1/2} = 1,41 \cdot 10^{32}$ К = $2,4 \cdot 10^{28} T_\odot$. Здесь G_H – гравитационная постоянная, c – скорость распространения света в вакууме, \hbar – постоянная Планка, k_B - постоянная Больцмана, M_\odot – масса Солнца, а T_\odot - температура его видимой поверхности.

По результатам измерения с борта искусственного спутника COBE установлено, что спектр реликтового излучения есть спектр излучения абсолютно черного тела. Ход его колоколообразной кривой отвечает формуле Планка $B_\nu d\nu = \frac{du_\varepsilon}{d\nu} d\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{d\nu}{e^{kT}-1}$ (ν – частота; T – температура излучения), а величина площади под кривой на координатной плоскости $\frac{du_\varepsilon}{d\nu} - \nu$ определяется по закону Стефана – Больцмана для объемной плотности энергии фотонного излучения $u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = \frac{\pi^2}{15} \frac{k^4}{c^3 \hbar^3} T^4$ [4], который в записи через планковские единицы имеет вид

$$u_\varepsilon = \frac{U_\varepsilon}{V} = \frac{U_{pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^4, (1)$$

где U_{pl} и V_{pl} – планковские энергия и объем.

Объемную плотность энергии u_ε с достаточной для наших целей точностью можно рассматривать как произведение энергии единичного фотона $U_\varepsilon^{(1)}$ на их объемную концентрацию n_ε , то есть полагать $u_\varepsilon = U_\varepsilon^{(1)} \cdot n_\varepsilon$. Принимая $U_\varepsilon^{(1)} = k_B \cdot T$ [3] и исключая $U_\varepsilon^{(1)}$ из (1), при $U_{pl} = k_B T_{pl}$ видим, что физике явления отвечает уравнение для числа фотонов на единицу объема Вселенной

$$\frac{\mathcal{N}_\varepsilon}{V} = n_\varepsilon = \frac{U_{pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}}\right)^3 \quad \text{и} \quad V \cdot T^3 = \mathcal{N}_\varepsilon \cdot V_{pl} \cdot T_{pl}^3. (2)$$

Данное следствие из закона Стефана – Больцмана однозначно свидетельствует в защиту модели горячей расширяющейся с охлаждением Вселенной, а также накладывает ограничения

на ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $\mathcal{N}_\varepsilon = \mathcal{N}_\varepsilon(t)$ вниз по потоку от планковского времени $t_{pl} = 10^{-44}$ сек – см. рисунок 1.

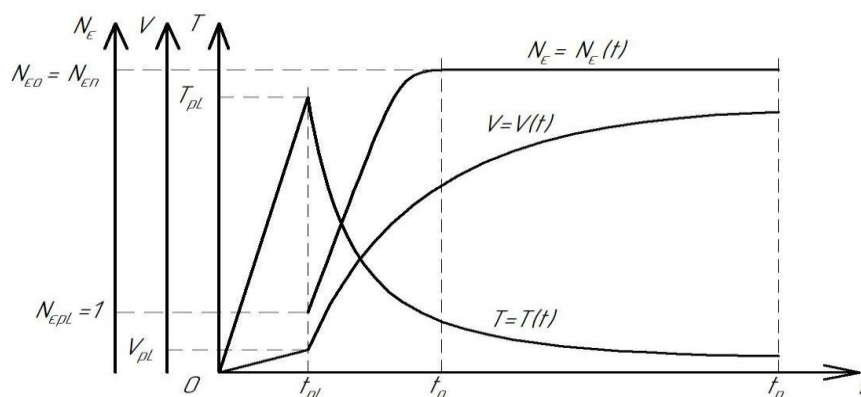


Рисунок 1. Ход кривых $V = V(t)$, $T = T(t)$ и $\mathcal{N}_\varepsilon = \mathcal{N}_\varepsilon(t)$

Важно, что приведенная на рисунке 1 схема отвечает и «ранней стадии развития Вселенной, включающей в себя не только глобальное расширение Вселенной, но и «рождение» материи, наблюдаемой нами сегодня» [8, с. 194]. В своем движении Вселенная «переходит из одного состояния в другое, выдвигает на передний план необратимость. А что может быть более необратимым, чем возникновение материи из некоего предматериального «вакуума»?» [там же, с. 18].

Результаты сопоставления приведенных на рисунке 1 данных с результатами анализа зависимости барион – фотонного отношения $\beta_{b\varepsilon}$ от безразмерной планковской массы барионов $\frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}}$ [6] позволяют выделить три стадии расширения нашей Вселенной:

стадия 1 $0 \leq t \leq t_{pl}$,

$$\text{окончание этапа 1 } t = t_{pl}; \beta_{b\varepsilon} = \beta_{b\varepsilon pl} = \left(\frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}}\right)^{1/2} = 1,$$

$$\text{стадия 2 } t_{pl} < t \leq t_0; \quad 1 > \beta_{b\varepsilon} \geq \left(\frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}}\right)^{1/2},$$

$$\text{стадия 3 } t_0 < t \leq t_n; \beta_{b\varepsilon n} = \beta_{b\varepsilon 0} = \left(\frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}}\right)^{1/2}.$$

Условно принимаем названия: стадия 1 – эпоха Планка, стадия 2 – период термоядерных реакций, стадия 3 – эпоха адиабатного расширения. Подстрочные индексы pl и 0 соответственно соотносят параметры к моментам окончания эпох Планка и термоядерных реакций, а n – к настоящему времени.

Вселенная изначально окружена просторами космической среды, в которую она от $t = t_{pl}$ расширялась и расширяется с охлаждением, причем при $t > t_0 = (1 \dots 2) \cdot 10^2$ сек [3, 5] без теплового обмена с окружающей средой - из (2) при неизменной численности реликтовых фотонов (при $\mathcal{N}_\varepsilon = const$) следует уравнение адиабаты газа фотонов [11]: $V^{1/3}T = const$. Как известно, все термоядерные реакторы потребляют энергию, которая к ним подводится извне. И если «...до 200 сек от начала расширения Вселенной...представляла собой один сверхбольшой термоядерный реактор» [1, с. 224], то здесь Вселенная вряд ли является исключением. В эпоху термоядерных реакций Вселенная лавинообразно заселяется характерным для нее обилием элементарных частиц. Изменчивость величины $\beta_{b\varepsilon}$ обусловлена важнейшими событиями в жизни Вселенной, каковыми являются «акты рождения» элементарных частиц.

«По мере того как температура падала, сверхтяжелые частицы распадались на более легкие частицы» [4, с 126]. Барион – фотонное отношение $\beta_{b\epsilon}$ определяется как корень квадратный из отношения массы единичного бариона $m_{b0}^{(1)}$ к планковской массе m_{pl} :

$$\beta_{b\epsilon} = \frac{N_b}{N_\epsilon} = \frac{n_b}{n_\epsilon} = \left(\frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}} \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Формула (3) допускает вариант динамического происхождения барион – фотонного отношения $\beta_{b\epsilon}$, а также отвечает идее: «Появление 10^9 фотонов на каждый протон на ранних стадиях расширения Вселенной – это часть большей тайны образования самих фотонов» [4, с. 122]. При массе протона 10^{-27} кг и планковской массе 10^{-8} кг получаем $\beta_{b\epsilon n} = 3 \cdot 10^{-10}$, то есть в (3) имеем один из тех вариантов модели, в которых «значения η желаемого порядка 5×10^{-10} возникают вполне естественным образом» [2, с. 209]. Если следовать простой формуле (3), то по завершению трехминутной эпохи термоядерных реакций на протяжении миллиардов лет числовое значение барион – фотонного отношения $\beta_{b\epsilon} = (3 \dots 5) \cdot 10^{-10}$ остается неизменным.

Возможно ли подтверждение уравнения (3) результатами астрономических наблюдений? Пожалуй, это возможно при условии, что можно признать справедливыми построения: В астрофизике энергия барионов U_b как строительного материала звезд издавна интересна для исследования. Делим уравнение $U_b = m_b^{(1)} c^2 n_b V$ на планковскую энергию $U_{pl} = m_{pl} c^2$. Получаем формулу $u_b = \frac{U_b}{V} = U_{pl} \frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}} n_b$ а также $u_b = \frac{U_b}{V} = \frac{m_b^{(1)}}{m_{pl}} \eta_{b\epsilon} \frac{U_{pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^3$. Тогда с учетом (3) уравнение для объемной плотности газа барионов u_b принимает вид

$$u_b = \frac{U_b}{V} = \eta_{b\epsilon}^3 \frac{U_{pl}}{V_{pl}} \left(\frac{T}{T_{pl}} \right)^3. \quad (4)$$

Делим u_b на u_ϵ и получаем

$$f = \frac{u_b}{u_\epsilon} = \frac{U_b}{U_\epsilon} = \frac{\rho_b}{\rho_\epsilon} = \frac{M_b}{M_\epsilon} = \frac{\eta_{b\epsilon}^3 T_{pl}}{T}. \quad (5)$$

Как видим, величина отношения энергии газа барионов U_b к энергии газа фотонов U_ϵ равна произведению третьей степени фотон – барионного отношения на обратную величину безразмерной планковской температуры, причем это в равной мере относится к отношениям объемных плотностей энергии $\frac{u_b}{u_\epsilon}$ и масс $\frac{\rho_b}{\rho_\epsilon}$, а также к отношению масс барионов и реликтовых фотонов во Вселенной $\frac{M_b}{M_\epsilon}$. В уравнении (5) функция f изменяется от единичной планковской величины $f_{pl} = 1$ до числового значения $f_0 = f_n$, которое отвечает времени окончания эпохи термоядерных реакций $t_0 \sim 100$ сек. Согласно современным наблюдениям, для видимого вещества $u_b \approx 10^{-11}$ Дж/м³, для реликтового излучения $u_b \approx 10^{-14}$ Дж/м³ [4, с. 76] и $f_n = \frac{10^{-11}}{10^{-14}} = 10^3$. Для сравнения, при $\beta_{b\epsilon n} = 3 \cdot 10^{-10}$, $T_{pl} = 1,41 \cdot 10^{32}$ К и $T_n = 2,73$ К расчет дает $f_n = \frac{(3 \cdot 10^{-10})^3 \cdot 1,41 \cdot 10^{32}}{2,73} = 1,39 \cdot 10^3$. Если следовать уравнению (5), то во Вселенной при температурах $T > \eta_{b\epsilon}^3 T_{pl} \approx 3000$ К энергия газа фотонов превышала энергию барионного вещества. В заключение решим три задачи.

Задача 1. Оценить количество звезд во Вселенной при условии, что масса каждой из них равна массе Солнца M_\odot . Решение. При среднем радиусе сферы Вселенной 10^{27} м число барионов N_{bn} в ней $N_{bn} = \eta_{b\epsilon n} \left(\frac{T_n}{T_{pl}} \right)^3 \left(\frac{R_n}{L_{pl}} \right)^3 = 10^{-10} \left(\frac{1}{10^{32}} \right)^3 \left(\frac{10^{27}}{10^{-35}} \right)^3 = 10^{80}$. При массах Солнца 10^{30} кг и единичного бариона 10^{-27} кг имеем число барионов в объеме Солнца порядка $N_{b\odot} = \frac{10^{30}}{10^{-27}} = 10^{57}$. Если бы все звезды во Вселенной имели ту же массу, что и Солнце, то искомое количество оказалось бы равным 10^{23} звезд. Ответ. Возможно, что в принятой сфере Вселенной содержится порядка 10^{27} звезд.

Задача 2. По окончанию эпохи термоядерных реакций в объеме Вселенной возникли локальные облака из протонов, электронов и нейтрино высоких энергий. Оценить время Δt формирования звезды массой $M_{зв} = 10^{30}$ кг при ее конечной объемной плотности массы $\rho_{зв} = 1400$ кг/м³. При движении протонов по радиусам R от периферии к центру величину ускорения гравитационной массы принять равной $a_{гр} = \frac{G_H \cdot M_{зв}}{R^2}$ при величине ускорения инертной массы $a_{ин} = \frac{R}{(\Delta t)^2}$. Решение. Законы Ньютона лежат в основе науки о движении материи [8, с. 5]. Из равенства сил притяжения и инерции выходим на решение $\frac{G_H \cdot M_{зв}}{R^2} = \frac{R}{(\Delta t)^2}$, согласно которому гравитационная постоянная G_H , плотность возникшей звезды $\rho_{зв}$ и время ее формирования Δt связаны соотношением $G_H \rho_{зв} (\Delta t)^2 = 1$. Тогда искомое время $\Delta t = \left(\frac{1}{G_H \cdot \rho_{зв}} \right)^{1/2} = \left(\frac{1}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1400} \right)^{1/2} = 3270$ сек. Ответ. Время формирования звезды равно 3270 сек.

Задача 3. Показать, что состояние Вселенной на время окончания эпохи Планка t_{pl} следует рассматривать структурно. Решение. Дифференцируя соотношение $U_\varepsilon = k_B \cdot T \cdot \mathcal{N}_\varepsilon$, выходим на уравнение $\frac{dU_\varepsilon}{U_{pl}} = \frac{dT}{T_{pl}} + \frac{d\mathcal{N}_\varepsilon}{\mathcal{N}_{\varepsilon pl}}$. Интегрируя от планковских величин до величин, которые отвечают времени окончания термоядерных реакций t_0 , получаем формулу для числа структурных единиц [7]: $\mathcal{N}_{\varepsilon pl} = \frac{U_{pl}}{k_B \cdot T_0}$. При $U_{pl} = 1,95 \cdot 10^9$ Дж, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К и $T_0 = 10^9$ К [2, 5] для числа структурных единиц в планковском сгустке материи имеем величину $\mathcal{N}_{\varepsilon pl} = \frac{1,95 \cdot 10^9}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^9} = 1,40 \cdot 10^{23}$. Ответ. Состояние Вселенной на время окончания эпохи Планка t_{pl} , пожалуй, действительно необходимо рассматривать как массив структурных единиц.

Если известные формула для энтропии газа фотонов $S_\varepsilon = \frac{4\pi^2}{45} \frac{k^4}{c^3 \hbar^3} VT^3 = k_B \frac{VT^3}{v_{pl} T_{pl}^3}$ и формула Больцмана для энтропии $S = k_B \ln W$ отвечают физической реальности, то при предельном переходе к планковскому состоянию материи Вселенной число возможных комбинаций из мельчайших планковских частиц материи W_{iPL} равно основанию натурального логарифма: $W_{\varepsilon PL} = W_{bPL} = e = 2,718... [7]$, то есть материя очень хорошо структурирована. На космологической стреле времени интервалу времен $0 \leq t \leq t_{pl} = 5,39 \cdot 10^{-44}$ сек отвечает новая физика.

1. Алексеев С.О. Введение в общую теорию относительности. Ее современное развитие и приложение: учебное пособие / С. О. Алексеев, Е. А. Памятных, А. В. Урсулов, Д. А. Третьякова, К. А. Ранну. Екатеринбург: Изд – во Урал. ун – та. 2015. – 380 с.
2. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. - 608 с.
3. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной. / пер. с англ. М.: Энергоиздат. 1981. – 208 с.
4. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.
5. Зельдович Я.Б. «Горячая» модель Вселенной // Я.Б. Зельдович. Избранные труды. Частицы. Ядра. Вселенная. М.: Наука. 1985. С. 237 – 244.
6. Кошман В.С. Космологическое расширение Всенной: аналитический выход на отношение числа барионов к численности фотонов // Национальная ассоциация ученых. 2022. № 84. Т. 1. С. 61 - 64.
7. Кошман В.С. О зоне ближайшего к сингулярности развития Вселенной // Sciences of Europe. 2020. № 51. Vol. 1. p. 29 - 31.
8. Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени / пер. с англ. М.: Едиториал УРСС. 2003. – 240 с.
9. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: Едиториал УРСС. 2002. – 240 с.
10. Сахаров А.Д. Начальная стадия расширения Вселенной и возникновение неоднородности распределения вещества // А.Д. Сахаров. Научные труды. Сборник. М.: АОЗТ «Издательство ЦентрКом». 1995. С. 197 – 212.
11. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // Успехи физических наук. 1994. Т. 264. № 8. С. 889 – 896.
12. Планковские единицы [Электронный ресурс]. URL: [https:// ru.wikipedia.org/wiki](https://ru.wikipedia.org/wiki) (дата доступа 3.01.2024).

Кошман В.С.

Результаты измерения реликтового излучения, законы гравитации и вопросы эволюции нашей Вселенной

Пермский государственный аграрно – технологический университет
(Россия, Пермь)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-521

Аннотация

В статье обозначены контуры траектории изменчивости представлений о физической картине мира. Показано, что гравитационное поле определяет движение Вселенной от планковского времени по сегодняшний день.

Ключевые слова: электромагнитное поле, гравитационное поле, законы физики, планковские величины.

Abstract

The article outlines the contours of the trajectory of variability of ideas about the physical picture of the world. It is shown that the gravitational field determines the movement of the Universe from Planck time to the present day.

Keywords: electromagnetic field, gravitational field, laws of physics, Planck quantities.

Солнце, Земля, Луна, планеты – суть те феномены, которые привлекали внимание человека еще в античности. Именно тогда началось научное осмысление природы, которая стала объектом изучения. Изучая видимые движения, вавилоняне еще за 5...6 веков до наступления нашей эры уже знали с большой точностью не только продолжительность года и месяца, но и продолжительность обращения пяти планет. Для получения таких результатов нужны были столетия систематических наблюдений [25]. Атом считался неделимым. Научные мыслители в центре мира видели неподвижную Землю, вокруг которой на фоне неподвижных звезд по небесным сферам движутся Солнце и планеты. Построенный Архимедом еще до нашей эры планетарий позволял наблюдать и лунное затмение [2]. Геоцентрическая система Птолемея преподавалась в университетах вплоть до эпохи Возрождения.

Путь познания сложный, но человек находил для него время, чтобы достичь более полных знаний об окружающем его мире. К числу вечных вопросов относятся и «вопросы о том, как и почему происходит то или иное в природе» [10]. «В фундаментальной науке идет поиск явлений и связей во всех возможных направлениях...» [5]. Достаточны ли основания для уверенности в том, что «Процесс расширения Вселенной не следует рассматривать как взрыв сгустка материи, осколки которого разлетаются в беспредельном изначально существующем вакууме» [27, с. 174]. Вселенная (как совокупность материальных тел, звезд, планет, элементарных частиц, которые сосредоточены в объеме V пространства) является наблюдаемой частью мироздания. Обсуждая закономерности Вселенной, И. Пригожин и И. Стенгерс отмечают [21, с. 18]: «Она погружена в квантовый вакуум». Дополняя общую картину, можно предположить, что одно из начальных состояний ныне расширяющейся с охлаждением Вселенной на время $t_{pl} = 10^{-43}$ сек характеризуется внутренне согласованными естественными единицами М. Планка [20] (планковские единицы [33]), а тема ее эволюции охватывает проблемы естествознания, среди них:

- сущность процессов в допланковские времена, когда мир зарождается и удерживается вместе, а также детали механизма перехода от упорядоченности мира на момент окончания эпоха Планка к образованию крупномасштабных структур;
- возникновение элементарных частиц, а также изменчивость барион – фотонного отношения $\eta_{b\epsilon} = \frac{N_b}{N_\epsilon}$ во времени;

- механизм формирования звезд из локальных островов протонов высоких энергий, включающий их сдвливание силами гравитации внутрь с последующим запуском глубинных термоядерных реакций, а также загадка скрытой массы Вселенной;
- взаимодействие в системе «Вселенная – окружающая космическая среда» и др.

Подмечено [23, с. 75], что многие уравнения, с которыми космологи работают при описании ранней Вселенной, записаны в планковских единицах, что значительно упрощает запись и позволяет вычлнить физический смысл задачи. В описании движения [17] роль планковских единиц аналогична роли известных из газовой динамики параметров торможения. Они определяют индивидуальность газовых потоков, а планковские единицы – самобытность космологического расширения Вселенной.

Расширение Вселенной можно рассматривать как движение небесных тел при его описании методом Ньютона [4]. Целью данной статьи является поиск адекватных природе решений и дальнейшее осмысление полученных результатов. Масса/энергия всех тел/частиц во Вселенной может быть оценена числами. Ниже покажем это на примерах, кратко затронем этапы изучения феноменов «тяготение» и «движение Вселенной как целого», а также отдельные эпизоды весьма ранней эволюции нашей Вселенной. О наших днях:

Задача 1. Дано: термоядерные реакции в недрах Солнца протекают при температуре $2,35 \cdot 10^7$ К, а радиус сферы его наружной поверхности равен $6,96 \cdot 10^8$ м. Найти массу Солнечной системы M_{cc} . Решение. Если безразмерная планковская масса Солнца равна квадрату произведения безразмерной планковской температуры солнечного ядра на безразмерный радиус сферы наружной поверхности [16], то масса Солнца $M_{\odot} = \left(\frac{T_{\text{ядр}} R_{\text{пов}}}{T_{pl} L_{pl}} \right)^2 m_{pl} = \left(\frac{2,35 \cdot 10^7}{1,41 \cdot 10^{32}} \frac{6,96 \cdot 10^8}{1,61 \cdot 10^{-35}} \right)^2 2,17 \cdot 10^{-8} = 1 \cdot 10^{30}$ кг при известной величине $1,99 \cdot 10^{30}$ кг [7]. Масса Солнца значительно превышает массу своей группы планет и их спутников. Ответ: $M_{cc} \approx M_{\odot} \approx 10^{30}$ кг.

Задача 2. Отдаленные друг от друга планеты Солнечной системы имеют близкие к круговым орбиты, лежащие в почти одной плоскости. Оценить количество реликтовых фотонов $\mathcal{N}_{\text{енд}}$ в объеме диска, охватываемого при движении наиболее удаленной от Солнца планетой. Принять радиус Нептуна $R_{\text{неп}} = 24800$ км, его удаление от Солнца $R_{\text{удол}} = 4,5 \cdot 10^9$ км и концентрацию реликтовых фотонов $n_{\text{ен=1}} = 400$ фотонов/см³ [3]. Решение. Искомое количество реликтовых фотонов $\mathcal{N}_{\text{енд}} = \pi \cdot R_{\text{удал}}^2 \cdot R_{\text{неп}} \cdot n_{\text{ен=1}} = 3,14 \cdot (4,5 \cdot 10^{12})^2 \cdot 2,48 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 10^8 = 6,3 \cdot 10^{41}$. Нептун совершает один оборот вокруг Солнца за 165 земных лет, но число реликтовых фотонов в выделенном объеме остается неизменным, поскольку скорость распространения света в вакууме c , скорее всего, можно называть скоростью расширения Вселенной. Она является единой скоростью для перемещения всех физических объектов. Со скоростью $c = 299792458$ м/с движутся не только регистрируемые аппаратурно реликтовые фотоны (естественные продукты термоядерных реакций в ранней Вселенной), но и Солнце, и вращающаяся вокруг него и вокруг своей оси Земля, и все другие движущиеся по траекториям планеты Солнечной система, и все звезды во Вселенной. Ответ: $\mathcal{N}_{\text{енд}} = 6,3 \cdot 10^{41}$.

Задача 3. Оценить массу единичного реликтового фотона $m_{\text{ен}}^{(1)}$ при условии, что его энергия определяется по формуле $U_{\varepsilon}^{(1)} = k_B \cdot T$ [4], где k_B – постоянная Больцмана. Температуру реликтового излучения принять равной $T_n = 2,73$ К. Решение. Масса реликтового фотона $m_{\text{ен}}^{(1)} = \frac{k_B \cdot T_n}{c^2} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 2,73}{(3 \cdot 10^8)^2} = 4 \cdot 10^{-40}$ кг. Как видим, «масса частицы света – фотона – настолько мала, что ее не удастся обнаружить» [19, с. 131].

Задача 4. Определить объемную плотность энергии реликтового излучения $u_{\text{ен}}$ при условии, что в объеме сферы Вселенной радиусом $R_n = 5 \cdot 10^{26}$ м число реликтовых барионов $\mathcal{N}_{bn} = 10^{80}$ [7]. Массу реликтового фотона $m_{\text{ен}}^{(1)}$ и барион – фотонное отношение $\eta_{b\text{ен}}$ соответственно принять равными $m_{\text{ен}}^{(1)} = 4 \cdot 10^{-40}$ кг и $\eta_{b\text{ен}} = 5 \cdot 10^{-10}$ [3]. Решение.

Вычисляем объем сферы $V_n = \frac{4 \cdot \pi \cdot R_n^3}{3} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{26})^3}{3} = 5,23 \cdot 10^{80} \text{ м}^3$. Находим объемную плотность энергии газа реликтовых фотонов $u_{en} = \frac{U_{en}}{V_n} = \frac{m_{en}^{(1)} \cdot c^2 \cdot N_{bn}}{\eta_{ben} \cdot V_n} = \frac{4 \cdot 10^{-40} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 10^{80}}{5 \cdot 10^{-10} \cdot 5,23 \cdot 10^{80}} = 1,38 \cdot 10^{-14} \text{ Дж/м}^3$ при ее известной величине $\approx 10^{-14} \text{ Дж/м}^3$ [7, с. 76].

Можно ли соотносить сложность устройства и движения Вселенной с возможностью их описания в согласии с законами физики. Положительно отвечая на этот вопрос, особо выделяем [14, 15, 17 и др.] закон всемирного тяготения, а также законы излучения абсолютно черного тела. Обратим внимание на вехи изучения движения и взаимодействия тяготеющих масс:

- К 1543 году Н. Коперник делает первый шаг в деле преобразования астрономии из науки чисто геометрической в науку физическую. В предложенной им гелиоцентрической планетной системе центр мира - неподвижное Солнце, а шесть планет движутся вокруг Солнца по круговым траекториям.
- В поиске Г. Галилей, Р. Декарт и Х. Гюйгенс открывают основные законы динамики, а И. Кеплер, обобщая результаты астрономических измерений, устанавливает законы движения планет. Сам «поиск соотношений в природе не был для физики чем – то новым» [11, с. 102]. Окружающий человека мир Декарт представлял состоящим только из движущейся в пространстве материи [там же, с. 107]. Гюйгенс вывел формулу для силы, действующей на тело с массой m при его движении со скоростью v по круговой орбите радиуса R : $F = \frac{mv^2}{R}$, но не догадался, что эта формула позволяет выйти на силу, которая удерживает планету на ее орбите [12].
- В «Оптике» (1704 г.) Ньютон рассматривал свет как совокупность мелких частиц (корпускул), что, по свидетельству очевидцев, вызывало улыбку на лицах ученых мужей. В «Началах» (1687 г.) Ньютон назвал причину возникновения веса тел гравитацией (от лат. и франц. слова «тяжесть») и доказал факт наличия гравитации в Солнечной системе, исходя из наблюдаемой картины движения планет и их спутников, а также, в частности, количественно оценил вес Земли. Ньютон сформулировал три закона механики и закон всемирного тяготения [2]:

$$F_{пр} = G_H \frac{m_i \cdot m_j}{r_{ij}^2} \quad (1)$$

(G_H - гравитационная постоянная), согласно которому между любой парой физических материальных частиц во Вселенной действуют силы взаимного притяжения, прямо пропорциональные произведению масс этих частиц и обратно пропорциональные квадрату расстояния между ними. Если ранее считалось, что «есть земная гравитация..., и есть гравитация небесная...», то Ньютон «...объединил эти два типа гравитации в своем сознании. С этого исторического момента искусственное и ложное разделение Земли и остальной Вселенной прекратило свое существование» [26].

При создании общей теории относительности А. Эйнштейн руководствовался идеей гравитационного поля Вселенной и законом эквивалентности гравитационной и инертной масс. Исследуя уравнения Эйнштейна в их приложении к однородной Вселенной, А.А. Фридман (1922 г.) показал, что она либо расширяется, либо сжимается. Выводы Фридмана были восприняты как математический курьез [13], но расширение Вселенной подтверждается в наблюдениях. В. Вайскопф [5, с. 81] видит фундаментальное значение открытия расширения Вселенной в том, что появился новый масштаб времени и пространства: за промежуток времени t_n порядка 10^{10} лет свет прошел расстояние, которое равно радиусу Вселенной R_n . Тем самым, допускается, что время t , прошедшее после начала расширения, и радиус R сферы Вселенной соотносятся через скорость распространения света в вакууме c как

$$t = \frac{R}{c} \quad (2)$$

Г.А. Гамов в «горячей» модели Вселенной дополнил геометрию и динамику Фридмана идеями ядерной физики и термодинамики, теоретически предсказал реликтовое излучение и его температуру [30], что нашло подтверждение в 1965 году. В результате «идея «рождения» Вселенной перешла из области абстрактных математических построений в область физической реальности» [21, с. 185].

Человек не ограничивался собиранием фактов. Большую роль играли предположения, надежды, гипотезы. Познающие надеялись, что они умеют выделять изучаемое из его окружения, выбирать именно то, что нужно изучать в данное время. По результатам наблюдений и измерений порой удавалось обнаружить ранее неизвестные особенности. Со временем представления становились полнее и глубже. В обозначенном прослеживается парадигма [8]: от факта – к гипотезе, от гипотезы – к закономерности, от закономерности – к закону природы, от закона природы – к новым задачам. И все это при том, что развитие науки отождествляется [21] с поиском законов природы.

Установлено, что спектр реликтового излучения представляет собой установленный М. Планком спектр излучения абсолютно черного тела:

$$B_{\nu,T}d\nu = \frac{du_\epsilon}{d\nu}d\nu = \frac{d(\frac{U_\epsilon}{V})}{d\nu}d\nu = \frac{8\pi h\nu^3 d\nu}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}, (3)$$

где h – постоянная Планка, ν – частота, а T – температура излучения. На координатной плоскости $\frac{du_\epsilon}{d\nu} - \nu$ площадь под колоколообразной кривой $\frac{du_\epsilon}{d\nu} = \Psi(\nu, T)$ определяется по закону Стефана - Больцмана для объемной плотности энергии фотонного излучения [3]: $u_\epsilon = \frac{U_\epsilon}{V} = U_\epsilon^{(1)} n_\epsilon = U_\epsilon^{(1)} \frac{\mathcal{N}_\epsilon}{V} = \frac{8\pi^5 k_B^4}{15c^3 h^3} T^4$. Если для энергии единичного фотона следовать мнемоническому правилу $U_\epsilon^{(1)} = k_B T$, то число фотонов в единице объема Вселенной [18]: $\frac{\mathcal{N}_\epsilon}{V} = n_\epsilon = \frac{\alpha \cdot k_B^3}{c^3 h^3} T^3$, где α – коэффициент, или - с учетом фундаментальных размерных комбинаций М. Планка [20, 33] и Б. Цвибаха [28] - в форме записи [15 и др.]:

$$V \cdot T^3 = \mathcal{N}_\epsilon \cdot V_{pl} \cdot T_{pl}^3 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 \cdot \text{К}^3. (4)$$

Здесь \mathcal{N}_ϵ – количество реликтовых фотонов в объеме V , а V_{pl} и T_{pl} – соответственно планковские объем и температура. Уравнение (4) отвечает и «ранней стадии развития Вселенной, включающей в себя не только глобальное расширение Вселенной, но и «рождение» материи, наблюдаемой нами сегодня» [21, с. 194] – см. рисунок 1.

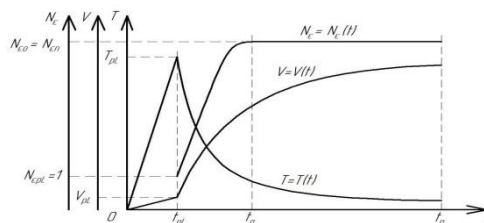


Рисунок 1. Результаты теоретической оценки хода кривых.

$$V = V(t), T = T(t) \text{ и } \mathcal{N}_\epsilon = \mathcal{N}_\epsilon(t)$$

По предпочтению природы в период от планковского времени $t_{pl} = 10^{-43}$ сек [20] «до 200 сек от начала расширения Вселенной она представляла собой один сверхбольшой термоядерный реактор» [1, с. 224], в котором температура понизилась от $T_{pl} = 10^{32}$ К до $T_0 = 10^9$ [3]. Времени термоядерных реакций оказалось вполне достаточно для заселения Вселенной массивами элементарных частиц. По окончании термоядерных реакций, при $t > t_0$ – см. рисунок 1 - в условиях отсутствия взаимодействия с изначально окружающей Вселенную космической средой, когда $\mathcal{N}_\epsilon = \text{const}$, «при адиабатном расширении температура излучения падает по закону $T \propto R^{-1}$ » [30, с. 892] – см. решение (4), согласно которому $T = \frac{\mathcal{N}_\epsilon^{1/3} \cdot T_{pl} \cdot L_{pl}}{R}$.

XX век изменил взгляды человека на природу. Вселенная расширяется, и в ее объеме заключена точка, из которой при $t = 0$ сек начинается движение, что и отражено на схеме, которая приведена на рисунке 2.

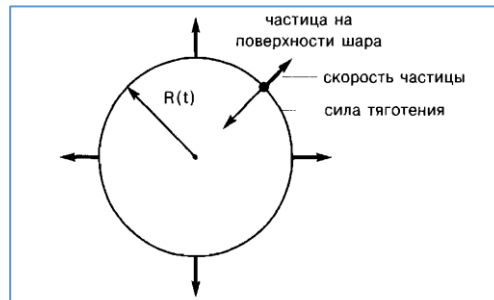


Рисунок 2. Расширяющийся однородный шар [29, с. 208].

В больших масштабах Вселенная однородна. Исследуя притяжения протяженных тел, Ньютон показал, что однородное тело сферической структуры притягивает внешнюю материальную точку так, как если бы вся его масса была сосредоточена в центре сферы [25, с. 37]. Это справедливо и для яблока, падающего на сферическую поверхность Земли радиусом 6370 км, и для материальной точки массой m , лежащей на мысленно выделенной в объеме Вселенной поверхности с радиусом R – см. рисунок 2.

Авторы [24] полагают: а) модель расширяющейся Вселенной можно представить иллюстрацией в виде расширяющейся сферической оболочки радиусом R ; б) в настоящее время «Вселенная ограничена сферой с радиусом равным произведению скорости света на возраст Вселенной»; в) «эйнштейновская полная энергия покоя тела может быть увязана с полной гравитационной энергией его взаимодействия со всеми остальными телами во Вселенной» уравнением $m_0 c^2 = G_H \frac{m_0 \cdot M}{R}$, где m_0 – масса покоя тела, а M – полная масса Вселенной.

Содержание пункта в) вызывает вопросы. Задача в статике (с выходом на решение $\frac{R}{M} = \frac{G_H}{c^2} = \text{const}$) не отвечает реальной нестационарной действительности. Но равенство останется равенством, если обе части уравнения поделить на одну и ту же физическую величину, но его решение будет иным. Принимаем во внимание массу m движущегося тела (элементарная частица, Солнце, Солнечная система). Поделив левую и правую часть уравнения авторов на R^2 , в согласии с (2) получаем

$$\frac{R^3}{M \cdot t^2} = \frac{1}{\rho \cdot t^2} = G_H = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2), \quad (5)$$

а с учетом решений Планка и Цвибаха

$$\frac{R^3}{M \cdot t^2} = \frac{1}{\rho \cdot t^2} = \frac{L_{pl}^3}{m_{pl} \cdot t_{pl}^2} \text{ и } \frac{\rho}{\rho_{pl}} \left(\frac{t}{t_{pl}} \right)^2 = 1. \quad (6)$$

Здесь ρ_{pl} – планковская объемная плотность массы, равная $\rho_{pl} = 10^{114} \text{ кг/м}^3$, а ρ – объемная плотность массы Вселенной. Если следовать (5) и (6), то известные числовые значения наблюдаемой плотности массы $\rho_n = \frac{M_n}{V_n}$ и возраста t_n Вселенной подлежат уточнению. Решение (5) как $G_H \cdot \rho \cdot t^2 = 1$ не является новым. Для модели однородной Вселенной оно ранее получено и в теории гравитации Ньютона [4, 7 и др.], и методом общей теории относительности (при равенстве нулю космологической постоянной: $\Lambda = 0$) [6, 7, 27, 30], и в простейшем мысленном космологическом эксперименте [14].

В «общей теории относительности силы тяготения возникают за счет искривления окружающего пространства. Между кривизной пространства и распределением вещества существует соотношение вида $1/R^2 = (G/c^2) \cdot \rho \dots$ Приведенная формула, по существу, представляет собой основной результат, полученный из уравнений поля Эйнштейна...» [22, с. 138]. Примечательно, что основной, согласно Т. Редже, результат ОТО отвечает и решению (5) - с учетом связи (2), и правилу предельного перехода:

$$\frac{1}{L_{pl}^2} = \left(\frac{\frac{L_{pl}^3}{m_{pl} t_{pl}^2}}{\left(\frac{L_{pl}}{t_{pl}}\right)^2} \right) \frac{m_{pl}}{L_{pl}^3} = \frac{1}{L_{pl}^2}. \quad (7)$$

«Давно известно, что верные записи явлений природы формулами содержат в себе больше, чем хотели вложить в них авторы» [10, с. 273]. На время t_{pl} возникает планковская сила F_{pl} [33] как предвестник закона всемирного тяготения (1):

$$\frac{F_{np}}{F_{pl}} = \frac{m_i m_j}{m_{pl} m_{pl}} \left(\frac{L_{pl}}{r_{ij}} \right)^2. \quad (8)$$

Здесь F_{pl} отличается от любых ранее известных сил природы. Как видим, основной закон гравитации (1) действует и в сильных гравитационных полях, начиная с первых мгновений эпохи термоядерных реакций, когда Вселенная при ее расширении с охлаждением еще лишь только наполняется массивами элементарных частиц. Гравитационное поле возникает на планковском масштабе времени, а сегодня присутствует во Вселенной.

Рождение Вселенной реализует некую возможность [21, с. 18]. Ее движение поддается описанию. На мгновение окончания эпохи Планка t_{pl} в записи (3) заметны контуры весьма малой «горячей» Вселенной объемом $V_{pl} = 10^{-105} \text{ м}^3$, которая характеризуется размерным комплексом величин $B_{v,Tpl} = \frac{U_{pl}}{v_{pl} \nu_{pl}} \frac{1}{e-1}$. Здесь $\frac{U_{pl}}{v_{pl}} = h$ – элементарный квант действия, в свое время открывший путь к ядерной физике, а e – основание натурального логарифма. Первичный ступок материи упорядочен, динамически нестабилен, его части удерживаются вместе благодаря очень большим силам. Дальнейшее относится к категории событий. Если бы присутствовал внешний наблюдатель, то он увидел бы вспышку, при которой окружающая среда мгновенно пронизывается исходящими от единого центра мощными лучами света. Свет частоты ν излучается в виде кванта энергии $h\nu$, а волны испущены в диапазоне частот. И что характерно, массив квантов лучистой энергии отвечает спектру Планка (3):

$$B_{v,T} = \frac{du_\varepsilon}{dv} = \frac{U_{pl}}{v_{pl} \nu_{pl}} \left(\frac{\nu}{\nu_{pl}} \right)^3 \frac{1}{e^{T_{pl} \nu / T_{pl} \nu_{pl} - 1}}. \quad (9)$$

А. Эйнштейн [32] выходит на закон излучения Планка (3) с той позиции, согласно которой «спонтанное излучение света относится к *событиям*, соответствующим вероятностному описанию» [21, с. 7]. Вероятности требуются и при эволюционном описании «рождения» звезд, их скоплений и систем, аналогичных Солнечной системе.

Заметные в формуле Планка (9) планковские энергия $U_{pl} = 1,95 \cdot 10^9$ Дж (энергия активации последующего процесса) и частота $\nu_{pl} = 1,85 \cdot 10^{43} \text{ с}^{-1}$ [32] отличаются от современных числовых значений их величин U_{en} и ν_n . Объему сферы Вселенной радиусом $5 \cdot 10^{26}$ м отвечает энергия реликтовых фотонов по величине равная $U_{en} = u_{en} V_n = 1,38 \cdot 10^{-14} \cdot 5,23 \cdot 10^{80} = 7,21 \cdot 10^{66}$ Дж. Максимум колоколообразного спектра реликтового излучения приходится на частоту $\nu_{maxn} = 1,60 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$. Расчетная величина энергии U_{en} больше планковской U_{pl} в $3,7 \cdot 10^{57}$ раз, а регистрируемая аппаратурно частота ν_{maxn} меньше планковской ν_{pl} в $1,1 \cdot 10^{32}$ раз. Формирование непрерывного планковского спектра неразрывно связано со стартом эпохи термоядерных реакций. Уникальность событий заключается в том, что на каждый реликтовый фотон приходится квант энергии, который высвобожден окружающей Вселенную средой. Физические законы (1) - (3) отвечают модели самоорганизующейся и расширяющейся с охлаждением Вселенной.

«Современные экспериментальные возможности еще недостаточны для регистрации... гравитационно – волнового фона, но ситуация может измениться к лучшему в недалеком будущем» [9, с. 190]. Проблемы современной космологии [31, с. 235] требуют размышления. Предстоит «глубже проникнуть в предмет, экспериментируя с природой, пользуясь изобретательностью для изучения явления в особых и необычных условиях – все для того, чтобы обнаружить связи и зависимости, причины и следствия, законы и принципы» [5, с.

251]. Со временем разумное прочтение подтвержденных и на Земле, и в Солнечной системе законов природы, возможно, будет в большей мере способствовать реконструкции естественного хода космологических событий.

1. Алексеев С.О. Введение в общую теорию относительности. Ее современное развитие и приложение: учебное пособие / С. О. Алексеев, Е. А. Памятных, А. В. Урсулов, Д. А. Третьякова, К. А. Ранну. Екатеринбург: Изд – во Урал. ун – та. 2015. – 380 с.
2. Вавилов С.И. Исаак Ньютон: 1643 – 1727. М.: Наука. 1989. – 271 с.
3. Вайнберг С. Космология / пер. с англ. М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2013. - 608 с.
4. Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной. / пер. с англ. М.: Энергоиздат. 1981. – 208 с.
5. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии / пер. с англ. М.: Атомиздат. 1977. – 272 с.
6. Горбунова О.Г. Проблема темной энергии в космологии Фридмана с идеальной жидкостью и в модифицированной гравитации: Автореферат ... дис. канд. физ. – мат. наук. Томск. 2007. – 17 с.
7. Девис П. Случайная Вселенная / пер. с англ. М.: Мир. 1985. – 160 с.
8. Загоруйко Н.Г. Методы обнаружения закономерностей. М.: Знание. 1981. – 64 с.
9. Зельдович Я.Б., Гришук Л.П. Полные космологические теории // Я.Б. Зельдович. Избранные труды. Частицы. Ядра. Вселенная. М.: Наука. 1985. С. 179 – 191.
10. Итоги науки в теории и на практике. М.: Изд – во тов – ва «Мир». 1915. – 274 с.
11. Клайн М. Математика. Поиск истины / пер. с англ. М.: Мир. 1988. – 295 с.
12. Климишин И.А. Релятивистская астрономия. М.: Наука. 1989. – 288 с.
13. Корсаков А.К. Вселенная: рождение и эволюция // Бюл. Моск об – ва испытателей природы. Отд. Геол. 2014. Т. 89. Вып. 6. С. 83 – 86.
14. Кошман В.С. Алгоритм и результат поиска уравнений космологической эволюции нашей Вселенной // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86 – 8. С. 113 – 119.
15. Кошман В.С. О невозможности проверки надежности темной энергии посредством измерения реликтового излучения // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 12. Ч. 15. С. 114 – 120.
16. Кошман В.С. Расширение возможностей прогноза радиуса и температуры в центрах звезд главной последовательности // Sciences of Europe. 2022. № 88 – 1. С. 29 – 32.
- a. Кошман В.С. Космологическое расширение Вселенной как самое грандиозное газодинамическое течение в природе // American Scientific Journal. 2019. № 31. Vol. 1. P. 41 – 45.
17. Краснопевцев Е.А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем: учебное пособие. Новосибирск: Из - во НГТУ. 2014. – 387 с.
18. Окунь Л.Б. Основные понятия и законы физики и свойства элементарных частиц / Л.Б. Окунь О движении материи. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. С. 120 – 162.
19. Планк М. О необратимых процессах излучения // М. Планк. Избранные труды. М.: Наука. 1975. С. 191 - 233.
20. Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени / пер. с англ. М.: Едиториал УРСС. 2003. – 240 с.
21. Редже Т. Этюды о Вселенной / пер. с итал. М.: Наука. 1985. – 191 с.
22. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: Едиториал УРСС. 2002. – 240 с.
- a. Солодовник А.А., Леонтьев П.И., Усеинов Б.М. Оценка параметров Вселенной, исходя из связи инертной и гравитационной масс [Электронный ресурс]. URL: [https:// docviewer.yandex.ru /view/116198570](https://docviewer.yandex.ru/view/116198570) (дата доступа 5.01.2024).
23. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М.: Наука. 1968. – 800 с.
24. Трефил Дж. 200 законов мироздания / пер. с англ. М.: Гелиос. 2007. – 528 с.
25. Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков И.И. Физика: Ядерная физика. Физика элементарных частиц. Астрофизика: учебник. Томск: Изд – во ТПУ. 2009. – 252 с.
26. Цвибах Б. Начальный курс теории струн. / пер. с англ. М.: Едиториал УРСС. 2011. – 784 с.
27. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино: Век – 2. 2004. – 320 с.
28. Чернин А.Д. Как Гамов вычислил температуру реликтового излучения, или немного об искусстве теоретической физики // Успехи физических наук. 1994. Т. 264. № 8. С. 889 – 896.
29. Широков С.И. Космологические критические тесты на основе многоканальных THESTUS – БТА наблюдений гамма – всплесков / С. В. Широков, И. В. Соколов, В. В. Власюк, Л. Амати, В. В. Соколов, Ю. В. Барышев // Астрофизический бюллетень. 2020. Т. 75. № 3. С. 235 – 249.
30. Эйнштейн А. К квантовой теории излучения // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 3. М.: Наука. 1966. С. 393 – 406.
31. Планковские единицы [Электронный ресурс]. URL: [https:// ru.wikipedia.org/wiki](https://ru.wikipedia.org/wiki) (дата доступа 3.01.2024).

РАЗДЕЛ XXII. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Игнатков Н.Д.

Анализ принципов работы существующих устройств и средств измерения оптических элементов

*НИ Мордовский государственный университет им.Н.П. Огарёва
(Россия, Саранск)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-522

Аннотация

В данной статье рассматриваются наиболее распространенные методы контроля оптических элементов, используемых на производстве

Ключевые слова: интерферометрия, профилометр, КИМ, клин, оптические покрытия, спектрофотометрия.

Abstract

This article discusses the most common methods of control of optical elements used in production

Keywords: interferometry, profilometer, CMM, wedge, optical coatings, spectrophotometry.

Современные технологии и медицинское оборудование все больше основываются на использовании оптических элементов. Однако, для обеспечения качественной работы таких устройств необходимо проводить регулярный анализ и контроль оптических характеристик. Именно этой проблеме посвящена данная статья.

Важным вопросом будет являться выбор наиболее подходящего метода для конкретных задач, а также его применимость в условиях производства или лаборатории.

Интерферометрические средства измерения представляют собой важный инструмент для анализа оптических элементов. Они основаны на принципе интерференции света и позволяют получить высокую точность измерений.

Одним из наиболее распространенных интерферометров является двулучевой интерферометр Майкельсона. Он состоит из полупрозрачного зеркала, разделяющего пучок света на две части, и зеркал, отражающих пучки обратно. Путем изменения разности хода между пучками можно получить интерференционную картину, которая содержит информацию о фазовых изменениях проходящего через оптический элемент света.

Другим типом интерферометров является Фурье-спектроскопия, которая позволяет анализировать спектральные характеристики оптического элемента. Этот метод основан на преобразовании временной функции (интенсивности света) в частотную функцию (спектр). Для этого используется специальная оптическая система, включающая дифракционную решетку или интерферометр.

Также существуют интерферометры, работающие на основе принципа двухволновой и трехволновой интерференции. Они позволяют измерять толщину оптического элемента, его показатель преломления и другие важные параметры. Данные методы широко используются в производстве оптических приборов, таких как линзы, зеркала и светодиоды.

Однако использование интерферометрических средств измерения имеет свои ограничения. Во-первых, точность измерений может быть ограничена разрешением прибора или стабильностью источника света. Во-вторых, некоторые оптические элементы могут быть сложными для анализа с помощью интерферометров из-за своей формы или неоднородности.

Тем не менее, интерферометрические средства измерения продолжают развиваться и улучшаться. С появлением новых технологий и материалов становится возможным анализировать более сложные оптические элементы с высокой точностью. Это позволяет

улучшить качество производства оптических приборов и расширить их возможности в различных областях, таких как медицина, наука и промышленность.

Контактные средства измерения являются одним из наиболее распространенных способов анализа оптических элементов. Они позволяют получить точные и надежные данные о параметрах и характеристиках этих элементов.

Одним из основных контактных средств измерения является тактильная координатно-измерительная машина (КИМ). Это устройство, которое позволяет проводить точные измерения размеров, формы и положения оптических элементов. КИМ оснащена датчиками, которые контактируют с поверхностью объекта и регистрируют его параметры. Полученные данные затем обрабатываются программным обеспечением, что позволяет получить детальную информацию о состоянии оптического элемента.

Другим контактным средством измерения является профилометр. Профилометр – это устройство, которое позволяет определить профиль поверхности оптического элемента. Профилометр работает по принципу сканирования поверхности с помощью зонда или лазера и регистрирует изменение высоты в зависимости от координаты. Это позволяет получить информацию о высоте, шероховатости и других параметрах поверхности оптического элемента.

Контактные средства измерения имеют ряд преимуществ. Во-первых, они позволяют получить точные и надежные данные об оптических элементах. Во-вторых, контактные средства измерения могут использоваться для анализа как отдельных оптических элементов, так и целых систем. Например, КИМ может быть использована для измерения размеров линзы или зеркала, а профилометр – для анализа поверхности оптической системы в целом.

Однако у контактных средств измерения есть и некоторые ограничения. Например, они не могут использоваться для измерений на очень тонких или хрупких элементах, так как контакт может повредить объект. Также контактные средства измерения требуют физического воздействия на объект, что может вызывать деформацию поверхности и влиять на результаты измерений.

Измерение угла клиньев является важным этапом при работе с оптическими элементами, так как точность определения угла клиньев напрямую влияет на качество работы этих элементов. Существует несколько способов измерения данного параметра.

Один из наиболее распространенных методов – это использование интерферометра Физо. Этот метод основан на создании интерференционной картины, которая формируется при прохождении света через исследуемый оптический элемент. При помощи специальных линз и зеркал интерферометра Физо можно получить высокое разрешение и точность измерений угла клиньев.

Другой метод – это использование автоматических систем контроля угла клиньев. Такие системы обычно состоят из оптического модуля, который может быть подключен к компьютеру или другому электронному устройству. Они позволяют автоматически измерять угол между поверхностями клина с высокой точностью и скоростью. Такие системы широко применяются в производстве оптических элементов, где требуется быстрое и точное измерение угла клиньев.

Также существуют специализированные инструменты для измерения угла клиньев. Например, клинометры – это приборы, позволяющие определить угол между поверхностями клина. Они обычно оснащены шкалой или цифровым дисплеем для чтения полученных значений. Клинометры можно использовать как самостоятельные инструменты, так и в сочетании с другими методами измерений.

При выборе метода измерения угла клиньев необходимо учитывать требуемую точность и доступность используемого оборудования. Для научных исследований или работы в лабораторных условиях рекомендуется использование высокоточных интерферометров или автоматических систем контроля. В производственной среде, где требуется быстрое и массовое производство оптических элементов, более предпочтительными будут специализированные инструменты, такие как клинометры.

В завершении стоит отметить, что анализ работы существующих устройств и средств измерения оптических элементов является важной задачей для повышения качества и эффективности производства оптической продукции. Точные измерения угла клиньев позволяют гарантировать соответствие оптических элементов заданным требованиям и обеспечивают качество работы всей оптической системы.

Контроль оптических покрытий является важной составляющей анализа качества готовых оптических элементов. Оптические покрытия используются для улучшения оптических свойств поверхности элементов, таких как линзы, зеркала, фильтры и другие.

Существует несколько методов контроля оптических покрытий. Один из наиболее распространенных методов - измерение отражательной способности (отражательного коэффициента) покрытой поверхности. Для этого используются спектрофотометрия или эллипсометрия. С помощью спектрофотометрии можно оценить отражательную способность в широком диапазоне длин волн, а с помощью эллипсометрии - получить информацию о толщине и преломлении пленки.

Также важным аспектом контроля оптических покрытий является измерение оптической толщины пленки. Существует несколько методов для этого: интерференционная методика, которая основана на изменении интерференционной картины при наложении пленки; резистивный метод, основанный на измерении сопротивления пленки; и метод Фурье-спектроскопии, который позволяет получить спектральную информацию о толщине пленки.

Все эти методы имеют свои преимущества и ограничения. Выбор конкретного метода зависит от требуемой точности измерений, типа и размеров элементов, а также доступных устройств и средств измерения

1. Интерферометрия и ее применение в оптической метрологии - В.Б. Васильев, А.А. Шалыгин. С. 5-10.
 2. Основы интерферометрии - Р. Холл, Дж. Гилл. С. 11-15.
 3. Методы и средства измерений в оптике - И.В. Свечников, А.И. Скрипка. С.16-20.
 4. Принципы работы профилометров - Д.С. Куликов, А.П. Романов. С.21-25.
 5. Координатно-измерительные машины: принципы работы и области применения - А.В. Ершов, М.А. Шумилин. С. 26-30.
 6. Контроль угла клина с помощью автоматических систем - С.Н. Гончаров, М.В. Кузнецов. С. 31-35.
 7. Оптические покрытия и их применение - Л.И. Дементьева, И.Е. Погорелов. С.36-40.
 8. Спектрофотометрия и ее использование в оптической промышленности - О.В. Горюнова, А.М. Басов. С.41-45.
-

РАЗДЕЛ XXIII. МЕХАНИКА

Машкин А.Л.1, Борисов Ю.В.1, Борисов В.М..1

Притяжение и тяготение в механике

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет» (МАДИ)
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-523

Аннотация

Определения и законы Ньютона, с последующими малосущественными изменениями и дополнениями остаются и сегодня надежной базой теоретической механики и ее приложений. Следуя традиционным положениям, Ньютон делил механику на «практическую» и «рациональную». К «практической» механике Ньютона в узком смысле можно отнести все технические «ремесла и производства», а в широком - цикл специально-технических дисциплин, а «рациональная» механика есть собственно механика в современном понимании, включая в качестве своего исходного раздела общую или теоретическую механику [1]. Нельзя не отметить, что определения Ньютона содержат предварительную формулировку двух основных – прямой и обратной – задач динамики, определения движения материального объекта при заданных силах, и сил, обуславливающих заданное движение, в том числе и гравитационное. И хотя использованные Ньютоном понятия пространства, времени, массы и силы подвергались критике со стороны разных ученых, сама конструкция механики, основанная на этих понятиях, оказалась великолепно приспособленной к решению практически важных задач, получила широкое и заслуженное распространение.

Ключевые слова: законы динамики, сила, тяготение.

Abstract

Newton's definitions and laws, with subsequent minor changes and additions, remain today a reliable basis for theoretical mechanics and its applications. Following traditional principles, Newton divided mechanics into "practical" and "rational". Newton's "practical" mechanics in a narrow sense can include all technical "crafts and production", and in a broad sense - a cycle of special technical disciplines, and "rational" mechanics is mechanics proper in the modern sense, including general or theoretical as its initial section mechanics [1]. It should be noted that Newton's definitions contain a preliminary formulation of two main – direct and inverse – problems of dynamics, determining the motion of a material object under given forces, and the forces that determine a given motion, including gravitational one. And although the concepts of space, time, mass and force used by Newton were criticized by various scientists, the very design of mechanics, based on these concepts, turned out to be excellently adapted to solving practically important problems and became widely and deservedly widespread.

Keywords: laws of dynamics, force, gravity.

Исходные аксиомы или законы Ньютона вместе с шестью Следствиями и Поучениями хорошо известны [2], часто цитируются в учебниках и публикациях. Первый закон постулирует существование трехмерных евклидовых систем отсчета, в которых материальная точка при отсутствии сил движется прямолинейно и равномерно. Такие системы называются инерциальными, а в соответствии с астрономическими наблюдениями ими следует считать любые системы, неподвижные и совершающими поступательное движение, прямолинейно и равномерно относительно «неподвижных» звезд, точнее, галактик, т.е. относительно «абсолютного» пространства. Из приведенной современной формулировки первого закона хорошо виден его абстрактный, модельный характер, отражающий такой же характер

теоретической механики. Согласно второму закону существует математическая взаимосвязь между массой материальной точки, силой и ускорением, т.е. дает уравнение, из которого в конкретных условиях можно найти одну из входящих в него величин, если остальные известны из независимых измерений или соображений. Сутью представлений Ньютона является постулат, что второй закон формулируется в инерциальных системах отсчета, однако с учетом последующего развития механики (введение сил инерции) это совершенно не обязательно [3].

Третий закон выражает важное свойство сил взаимодействия, существенное для динамики механической системы, но не имеет никакого отношения к ньютоновскому определению понятия «сила». Для тел, находящихся на конечных расстояниях, третий закон подразумевает мгновенное дальное действие, что смущало еще самого Ньютона. В последующем понятие о дальнем действии было снято в результате введения представления о поле сил, локально взаимодействующем с другими телами и распространяющемся с конечной скоростью. В качестве замечания уместно напомнить, что принятая в классической механике модель абсолютно твердого тела также предполагает мгновенную передачу воздействий. В этом плане механика Ньютона подвела итог всему сделанному в предшествующие времена и явилась первой последовательной системой, представляющей собой механическую модель реального мира, которая с точки зрения достигнутого уровня научного знания носила всеобъемлющий и законченный характер [4]. Целесообразность введения понятия о силе в механику неоспоримо подтверждается всем ее последующим развитием и фактически используется при любом изложении механики, даже когда это понятие не считается первичным [5].

Одним из аспектов определений Ньютона является учение о тяготении материи. Истоки учения снова восходят к Аристотелю, к его теории «естественных мест» и «естественных движений» [6]. Согласно этому учению каждое тело Вселенной само по себе естественным образом стремится занять место в центре Земли, которая и считается центром Мира. Таким образом, у Аристотеля мы еще не имеем идеи взаимного притяжения. Тяжесть характеризуется как внутренняя потребность тела занимать определенное положение в системе других тел. По существу, такой же точки зрения придерживался и Архимед. Выдающийся вклад в развитие идеи тяготения внесли ученые Арабского Средневековья, которые высказали идею о зависимости влечения тел к центру Мира от расстояния тела до этого центра. Понятия взаимного тяготения еще нет и у них. По-видимому, впервые идею взаимного притяжения встречается у Коперника « По моему мнению тяжесть есть не что иное, как естественное устремление, которым божественное провидение творца одарило части для сочетания и соединения их в единое целое в форме сферы. Такое стремление свойственно, вероятно, Солнцу, Луне и прочим блуждающим светилам, и, благодаря его действию, они сохраняют свою очевидную шаровидность, несмотря на многообразие совершаемых ими обращений» [7].

Следующий этап в развитии идеи тяготения принадлежит Кеплеру [8]. Открытие законов движения планет со всей очевидностью выявило особую роль Солнца в движении планет, и у Кеплера мы находим определения, которые могут быть представлены как прямым предвосхищением ньютоновской динамической концепции Мира.

Тяготение есть взаимное телесное расположение двух сродственных тел к объединению и соединению, так что гораздо более Земля притягивает камень, чем камень стремится к Земле. Тяжелые тела не устремляются к центру Мира как таковому, но как к центру сродственного шарообразного тела, а именно Земли.

Последующий этап в развитии представления о тяготении уже связан с Декартом. Ему принадлежат первые попытки как-то объяснить причину тяготения, для чего была выдвинута знаменитая теория вихрей (рис.1). Суть воззрений по существу сводится к возрождению аристотелевской идеи сплошь заполненного материей пространства [9]. Однако у Декарта мы находим и глубокое развитие идеи, основанное на привлечении представления о вихрях, или «тонкой материи», которая вращаясь около Земли, толкает к ней все тела, которые называют «тяжелыми». У Декарта тяжесть имитируется своего рода архимедовой силой, которая возникает вследствие центробежного давления частиц жидкости друг на друга. Теория Декарта имеет недостаток, признаваемый самим автором, в виде направления вектора действия силы.

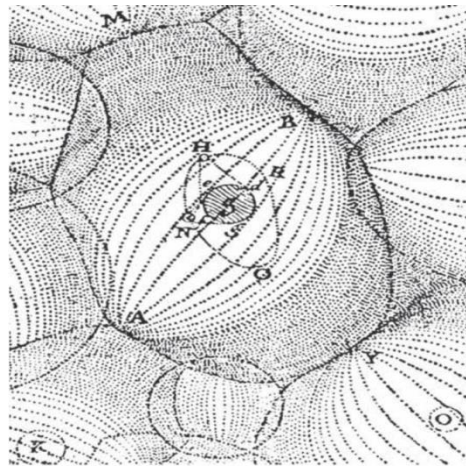


Рисунок 1. Теория вихрей Декарта [10].

В итоге, к эпохе Ньютона были сделаны решающие идейные подготовительные шаги к установлению законов движения тел и их взаимного тяготения. И, наверно последним фундаментальным камнем в основании теории всемирного тяготения заложил Роберт Гук, в своем докладе Королевскому обществу [11], где представил соображения, что Солнце притягивает планеты и этим объясняется их специфика движения по законам Кеплера. Более того, в этом докладе проводилась мысль о том, что эта сила и управляет движением тел и на Земле – основа становления всей концепции тяготения. Только в 1685 году Ньютон представляет Королевскому обществу трактат «О движении», а в 1687 году публикует «Начала ..» [2] с полной теорией движения планет и тяготения. Именно здесь Ньютон дает ту формулировку своих четырёх законов, которые приводятся во всех учебниках теоретической механики [12]. Обратим внимание, на одно важное обстоятельство, что установление обратной зависимости силы тяготения еще не есть закон тяготения Ньютона, и даже не самая главная его часть. Сердцевина закона всемирного тяготения Ньютона - понятие массы, его сепарация от понятия веса, и здесь у Ньютона нет предшественников (рис.2).

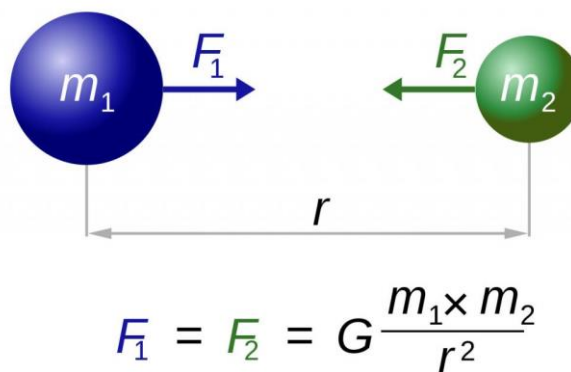


Рисунок 2. Закон всемирного тяготения

Несмотря на то, что к моменту написания «Начал..» Ньютон уже вполне владел интегральным и дифференциальным исчислением, здесь все это совершенно не используется. Законы Кеплера выводятся из законов тяготения и обратный вывод совершается на базе тонких хотя и громоздких геометрических рассуждений. В полной мере высший математический анализ был введен в механику, видимо, уже Эйлером. Приведенная здесь логика истории открытия законом механики должна, на наш взгляд, венчать второй этап развития динамики Ньютона. Следующий, третий этап познания законов динамики можно условно связать с изучением относительного движения точки. После получения уравнений относительного

движения и анализа традиционных задач: падение точки, математический маятник – неизбежно возникают две проблемы: абсолютное пространство и природа сил инерции.

Механика Ньютона прочно основана на исходных экспериментальных данных, выдержала строжайшую проверку практикой и временем. Важным требованием к преподаванию современного курса теоретической механики в техническом Университете является необходимость тщательного отбора, включаемого в него материала, который должен отвечать компетенциям будущих специалистов в области автомобильного транспорта и дорожного строительства [13, 14]. Это требование само по себе исключает вносить не имеющие прикладного значения материалы и разделы в курс механики, что никак нельзя отнести к основополагающим законам динамики, которые связаны со многими известными именами, но названные всё-таки законами Ньютона.

1. Машкин А.Л., Борисов В.М., Борисов Ю.В., Законы динамики – от античности до Ньютона. Тенденции развития науки и образования. 2022. № 89-2. С. 88-92.
2. Ньютон И. Математические начала натуральной философии./ Перевод с лат. С примеч. И поясн. А.Н. Крылова. В кн.: Собрание трудов академика А.Н.Крылова. т.7, Издательство АН СССР, 1936, 696с.
3. Лагранж Ж. Аналитическая механика. Т. 1, 2. — М.; Л. : Гостехиздат, 1950
4. Ж. Л. Д'Аламбер. Очерк происхождения и развития науки.— В кн.: Родоначальники позитивизма. СПб.. 1910.
5. Борисов С.В., Машкин А.Л., Методическое обеспечение при изучении теоретической механики в университете. В сборнике: Социально-педагогические вопросы образования и воспитания. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Гл. редактор Ж.В. Мурзина. Чебоксары, 2022. С. 126-129.
6. Аристотель. О Небе // Сочинения 4-х тт. Т. 3 М.: Мысль, 1981
7. Гинзбург В. Л. Гелиоцентрическая система и общая теория относительности (от Коперника до Эйнштейна) // Эйнштейновский сборник. — М.: Наука, 1973. — С. 19—83.
8. Аносов Д. В. От Ньютона к Кеплеру. — М.: МЦНМО, 2006.
9. Матвиев Сая Г. П., 3 Рене Декарт: Кн. для учащихся. - М.: Просвещение, 1987.
10. Декарт Р. Космогония. Два трактата. М.—Л., 1934.
11. В. И. Арнольд. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук — первые шаги математического анализа и теории катастроф, от эволюент до квазикристаллов — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. — 1989.
12. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Теория. Задания. Подробные примеры решения задач : учеб. пособие для вузов по направлению "Транспорт. машины и транспорт.- технолог. комплексы" / Б.Е. Ермаков, А.А. Астриянец, В.Б. Борисевич и др. ; под общ. ред. Б.Е. Ермакова .— М. : ЛЕНАНД, 2015 .— 458 с. : ил., табл .— Библиогр.: с. [455]-456. — ISBN 978-5-9710-1485-0
13. Додонов Б.М., Борисов С.В., Артемьева Т.Л., Машкин А.Л., Электронный обучающий комплекс по теоретической механике на платформе MOODLE (от проекта до курса), Человек и Вселенная. 2019. № 2 (96). С. 10-19.
14. Машкин А.Л., Борисов В.М., Борисов Ю.В., Некоторые вопросы разработки электронных обучающих курсов по механике. В сборнике: Педагогика, психология, общество: от теории к практике. материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чувашский республиканский институт образования Министерства образования Чувашской Республики. Чебоксары, 2023. С. 76-79.

Пожалостин А.А., Гончаров Д.А., Паншина А.В.
Колебания струны на свободной поверхности жидкости в баке

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-524

Аннотация

В статье рассматривается задача о малых плоских колебаниях струны на свободной поверхности жидкости. Жидкость идеальная, а ее движение – потенциальное и подчиняющееся уравнению Лапласа. Используется разложение решения по собственным функциям уравнения Лапласа. Для определения частот малых колебаний струны применена методика, предложенная Лейбеноном Л.С. и Балабухом Л.И.

Ключевые слова: малые колебания, струна, идеальная жидкость, краевая задача, собственные значения.

Abstract

The article deals with the problem of small plane vibrations of a string on a free surface of a liquid. The liquid is ideal, and its motion is potential and obeys the Laplace equation. The decomposition of the solution by eigenfunctions of the Laplace equation is used. To determine the frequencies of small string vibrations, the method proposed by Leibenzon L.S. and Balabukh L.I. was applied.

Keywords: small fluctuations, string, ideal fluid, boundary value problem, eigenvalues.

Пусть дифференциальное уравнение малых колебаний механической системы с одной степенью свободы в операторной форме имеет вид:

$$L(f) = \sum_j A_j \psi_j(q) = \Phi(q) \quad (1)$$

Здесь q – обобщенная координата (малая величина), L – некоторый линейный оператор, $\Phi(q)$ – функция, значение которой будет пояснено ниже, A_j – произвольные постоянные.

Система функций $\Psi_j(q)$ ($j=1,2,\dots$) – полная система собственных ортогональных функций линейного самосопряженного оператора $\Delta^2 \Psi = 0$:

$$\int_0^l \Psi_i(q) \cdot \Psi_j(q) dq = 0 \quad (\text{при } i \neq j),$$

$$N_j(\Psi_j) = \int_0^l \Psi_j^2(q) dq \quad \text{– норма функции } \Psi_j.$$

Решение $f(q)$ неоднородного уравнения в операторной форме (1) состоит из суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного уравнения:

$$f(q) = f_o(q) + f^*(q).$$

Раскладывая общее решение $f_o(q)$ однородного уравнения в ряд по функциям $\Psi_j(q)$ и, используя граничные условия для функции Φ , можно вычислить все константы A_j ($j=1,2,\dots$) через конечное число констант решения однородного уравнения [1,2]. В результате получим трансцендентное частотное уравнение исходной краевой задачи с учетом

динамического давления жидкости
$$p = \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t}.$$

Применим методику, предложенную Лейбензоном Л.С. и Балабухом Л.И. и изложенную в [1,2], для определения частот малых плоских колебаний струны на свободной поверхности идеальной несжимаемой жидкости в абсолютно жестком прямоугольном баке (рис. 1).

Пусть $w(x,t)$ – прогиб струны, который предполагается малой величиной, T – натяжение струны, которое предполагается постоянной величиной, ρ – плотность жидкости,

$p(x, t) = \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} dx$ – динамическое давление жидкости [3], $F = \rho^* \ddot{w} dx$ – сила инерции Даламбера, ρ^* – погонная плотность материала струны, $\Phi(x, y, t)$ – потенциал скорости частиц жидкости.

Применяя принцип Даламбера [4] к элементу струны длиной dx (рис. 2), получим дифференциальное уравнение:

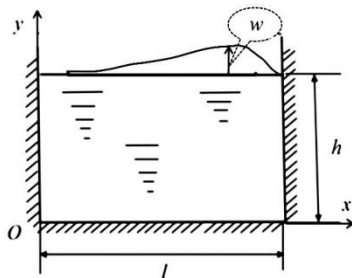


Рисунок 1. Струна на свободной поверхности жидкости.

Составим дифференциальное уравнение движения элемента струны длиной dx (рис. 2).

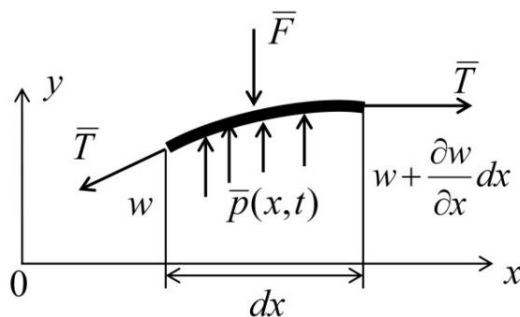


Рисунок 2. Элемент струны.

$$-T \frac{\partial w}{\partial x} dx - \rho^* \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} dx + T \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) dx = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} \Big|_{y=0} \cdot dx \quad (2)$$

Потенциал $\Phi(x, y, t)$ должен удовлетворять уравнению Лапласа [3]:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \quad (3)$$

При решении краевой задачи используем метод Фурье [3] – метод разделения переменных:

$$\Phi = X(x) \cdot Y(y) \cdot S(t) \quad (4)$$

Подставив представление (4) в уравнение Лапласа (3), получим два дифференциальных уравнения:

$$X''(x) + \lambda^2 X(x) = 0, \quad Y''(y) - \lambda^2 Y(y) = 0 \quad (5)$$

Решения уравнений (5) имеют соответственно следующий вид:

$$X(x) = C_1 \cos \lambda x + C_2 \sin \lambda x, \quad Y(y) = A_1 \cos \lambda y + A_2 \sin \lambda y \quad (6)$$

где λ – собственное значение краевой задачи.

Запишем граничные условия для потенциала скоростей частиц жидкости $\Phi(x, y, t)$:

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right|_{x=l} = 0$$

Используя эти граничные условия, получим, что $C_1 = 0$ и поэтому $X(x) = C_2 \sin \lambda x$.

Для собственных значений λ имеем уравнение

$$C_2 \lambda \sin \lambda l = 0$$

Отсюда $\lambda_i = i\pi/l \quad (i = 1, 2, \dots)$

Перепишем теперь уравнение (2) в следующем виде:

$$w'' + \mu^2 w = \rho \frac{\omega^2}{T} \cdot \Phi \Big|_{y=H} \quad (7)$$

Здесь $w'' = \frac{d^2 w(x)}{dx^2}, \quad \mu^2 = \rho^* \omega^2 / T$

Общее решение уравнения (7) имеет вид [3,4]:

$$w = C_1 \cos \mu x + C_2 \sin \mu x + w^* \quad (8)$$

Частное решение уравнения (7) выпишем в следующем виде:

$$w^* = \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cos \lambda_i \frac{x}{l} \cdot ch \lambda_i \frac{\mu^2}{\mu^2 - \lambda_i^2}$$

Запишем условие отсутствия протекания при $y = h$:

$$\dot{w} = \left. \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right|_{y=h} \quad (9)$$

Разложим $\cos \mu x$ и $\sin \mu x$ в ряды по собственным функциям $\cos \lambda_i x$ нашей краевой задачи:

$$\cos \mu x = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \cos \lambda_i x, \quad \sin \mu x = \sum_{i=1}^{\infty} \beta_i \cos \lambda_i x$$

$$\alpha_i = \frac{1}{N_i} \int_0^l \cos \mu x \cdot \cos \lambda_i x dx, \quad \beta_i = \frac{1}{N_i} \int_0^l \sin \mu x \cdot \cos \lambda_i x dx$$

где коэффициенты

Тогда с учетом (6) все константы A_i будут выражаться через две константы C_1 и C_2 .

Так как $w'' = 0$, то получим выражение для решения (8):

$$w(t) = [C_1 \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \cos \lambda_i \frac{x}{l} + C_2 \sum_{i=1}^{\infty} \beta_i \cos \lambda_i \frac{x}{l}] \cdot S(t) + \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cos \lambda_i \frac{x}{l} \cdot ch \lambda_i \left[\frac{\mu^2}{\mu^2 - \lambda_i^2} \right] \cdot S(t)$$

Используя условия закрепления струны $w(0, t) = w(l, t) = 0$, можно получить однородную систему уравнений для констант C_1, C_2 :

$$\begin{cases} C_1 \gamma_{11} + C_2 \gamma_{12} = 0 \\ C_1 \gamma_{21} + C_2 \gamma_{22} = 0 \end{cases}$$

Вид величин γ_{ij} здесь не приводится.

Для существования ненулевого решения $C_1 \neq 0, C_2 \neq 0$ однородной системы линейных алгебраических уравнений ее определитель должен быть равен нулю:

$$\gamma_{11} \cdot \gamma_{22} - \gamma_{12} \cdot \gamma_{21} = 0$$

Полученное уравнение есть частотное уравнение задачи.

Для рассмотренной системы (струна на свободной поверхности жидкости в баке) можно предложить механический аналог в виде математического маятника (рис. 3) [5].

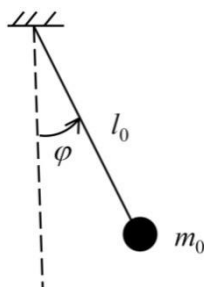


Рисунок 3. Механический аналог

В этом случае используется условие ортогональности форм собственных колебаний f_i :

$$\int_0^l f_i \cdot f_j \, dx = 0 \quad (\text{при } i \neq j)$$

Согласно методике, изложенной К.С. Колесниковым в [5], вычислим кинетическую и потенциальную энергии исходной системы и приведенного математического маятника. При исследовании малых колебаний достаточно ограничиться первыми членами в разложениях кинетической и потенциальной энергий в степенные ряды.

Для исходной системы (струны) имеем:

$$T = \frac{1}{2} \int_0^l \mu f^2 dx \cdot \dot{s}^2 = \frac{1}{2} a \dot{s}^2, \quad \Pi = \frac{1}{2} c s^2 \quad (9)$$

Выражение для коэффициента c здесь не приводится.

Для механического аналога в виде математического маятника имеем:

$$T_0 = \frac{m_0 (l_0 \dot{\phi})^2}{2} = \frac{m_0 \dot{s}^2}{2}, \quad \Pi_0 = m_0 g l_0 (1 - \cos \phi) \approx \frac{1}{2} m_0 g l_0 \phi^2 = \frac{1}{2} c_0 \phi^2, \quad (10)$$

$$\text{где } s = l_0 \phi, \quad \dot{s} = l_0 \dot{\phi}, \quad c_0 = m_0 g l_0$$

Сравнивая T_0 и T , а также Π_0 и Π , получим значения массы m_0 и длины l_0 механического аналога.

1. Лейбензон, Л.С. О натуральных периодах колебаний плотины, подпирающей реку//Труды АН СССР, 1951, т.1. С. 125-133.
2. Балабух, Л.И., Молчанов, А.Г. Об одной задаче теории колебаний с граничными условиями, зависящими от параметра. Прикладная механика и техническая физика. Т. 6, 1966. С. 1098-1102.
3. Моисеев, Н.Н., Петров, А.А. Численные методы расчета собственных колебаний объема жидкости. М., ВЦ АН СССР, 1966. 269 с.
4. Курс теоретической механики//Под ред. К.С. Колесникова, В.В. Дубинина. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 584 с.
5. Колесников, К.С. Динамика ракет. М., Машиностроение, 2003. 519 с.

РАЗДЕЛ XXIV. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Белоусов И.А., Краснова М.Н.

Образование нароста и его влияние на качество поверхности при обработке резанием алюминиевых сплавов

*Воронежский государственный технический университет
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-525

Аннотация

При обработке металлов резанием есть довольно обширное количество факторов, влияющих на качество обработанной поверхности. Одним из таких является нарост. В статье рассматривается процесс образования нароста при обработке алюминия и его сплавов резанием, основные показатели, характеризующие нарост, его влияние на режущую часть инструмента и качество обработанной поверхности, факторы, влияющие на размер нароста.

Ключевые слова: нарост, скорость резания, геометрия режущего инструмента, шероховатость.

Abstract

When processing metals by cutting, there are quite a large number of factors that affect the quality of the treated surface. One of these is an excrescence. The article discusses the process of formation of an outgrowth during the processing of aluminum and its alloys by cutting, the main indicators characterizing the outgrowth, its effect on the cutting part of the tool and the quality of the treated surface, factors affecting the size of the outgrowth.

Keywords: growth, cutting speed, geometry of the cutting tool, roughness.

Алюминий и его сплавы нашли широкое применение в машиностроении благодаря своим свойствам. Прочность в сочетании с небольшой плотностью и хорошая коррозионная стойкость – это основные показатели, которые важны для деталей корпусного типа в различных областях. При обработке отношение получаемого качества обработанной поверхности к затрачиваемому времени должно быть оптимальным.

По сравнению со сталью алюминий и его сплавы обладают меньшими показателями твердости, лучшей теплопроводности и более низким временным сопротивлением. Все это позволяет обрабатывать такие материалы на более высоких подачах и скоростях резания. Также присутствует ряд факторов, затрудняющих подбор оптимальных условий обработки, в число которых входит высокая вязкость, приводящая к появлению определенного налипания на режущей части инструмента.

Обработка алюминия и его сплавов сопровождается высокими скоростями резания без существенной опасности теплового повреждения, так как в этом случае температура резания не столь велика и не вызывает ускоренного износа режущей части инструмента. Однако во время обработки вязких материалов происходит нестабильный нарост (см. рис. 1), который на протяжении всей обработки меняет свою форму, и оказывает непосредственное влияние на качество обработанной поверхности.

Появление нароста происходит следующим образом. При обработке резанием по передней поверхности режущей части инструмента возникают силы трения, которые задерживают движение стружки. По этой причине увеличивается деформация в слоях металла, располагающихся ближе к передней поверхности режущей части. Частицы материала этих слоев отделяются и привариваются к передней поверхности, образуя нарост.

С течением времени нарост увеличивается, затем его некоторая часть отделяется от основной его части. Часть уходит вместе со стружкой, а часть вдавливаются в поверхность обработанной части детали, как было показано ранее, тем самым влияя на качество получаемой

поверхности. При работе сопрягаемых деталей, в которые внедрились наросты, повышается повышенный износ пары.

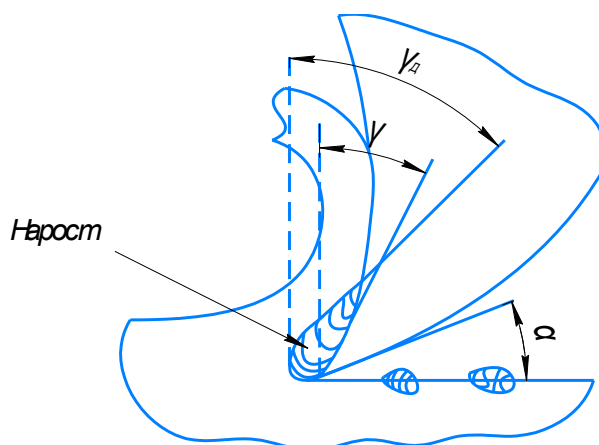


Рисунок 1. Нарост при резании

Во время срыва наростов возникают вибрации в системе СПИД, которые тоже отрицательно сказываются на точности обработки. В следствие нежесткости элементов системы СПИД всегда возникают колебания инструмента относительно заготовки.

Нарост имеет характерное слоистое строение, состоит из деформированного материала и окисных пленок. Его твердость превышает твердость обрабатываемого материала в 2 – 3 раза. Характеризуется 3 основными параметрами: высотой, шириной подошвы и его углом. Его закругленная вершина свешивается над задней поверхностью инструмента. Обрабатываемый материал, передний угол режущего инструмента и режимы резания – факторы, влияющие на размер нароста.

При появлении нароста передний угол становится больше заданного. Нарост предохраняет переднюю, а в некоторых случаях и заднюю поверхность режущего инструмента от износа, также снижается температура и сила в зоне резания. Данный процесс играет на руку только в случае черновой обработки.

Влияние скорости резания на высоту нароста можно представить на рисунке 2.

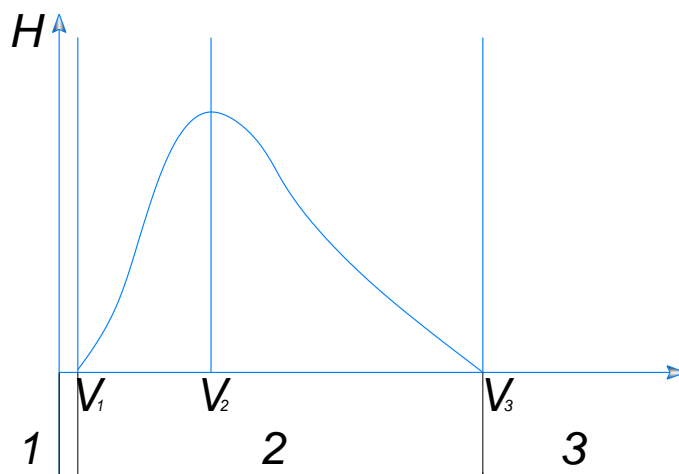


Рисунок 2. Влияние величины скорости резания на размеры нароста.

В зоне 1 при малых скоростях резания образование нароста не происходит, но при ее увеличении до определенного значения нарост начинает приобретать максимальную высоту (зона 2). Переходя определенный порог, высота нароста становится меньше и после значения V_3 вовсе не образуется.

Образование нароста при резании алюминиевых сплавов изучалось в работе [1].

Опыты проводились резцами из твердого сплава ВК-8 и из быстрорежущей стали Р18 в условиях несвободного резания. Передний угол резцов имел непостоянные значения в 15°, 25°, 35°, а остальные элементы геометрии режущего инструмента сохранялись постоянными. Глубина резания составляла 3 мм, подача в диапазоне от 0,07 до 0,3 мм/об. и скорость резания 1 до 250 м/мин.

Передний угол больше характеризует усредненную геометрию активной части поверхности его контакта со стружкой.

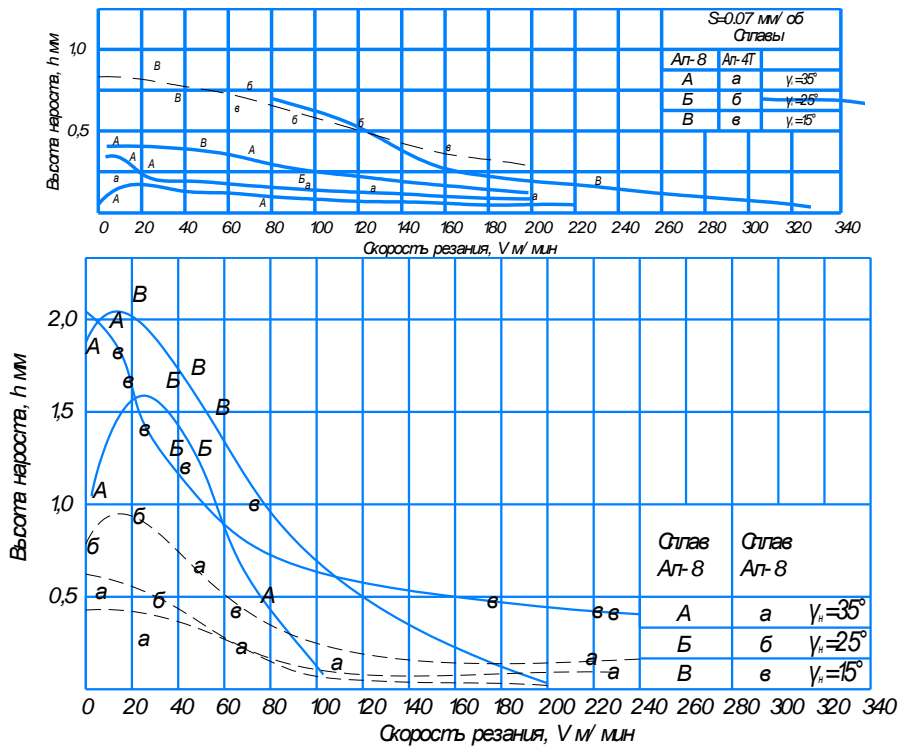


Рисунок 3. Значения высоты нароста при определенных скоростях резания.

Для иллюстрации влияния температуры на процесс наростообразования величина угла поставлена в зависимость от температуры резания. Область, отмеченная штриховкой – область исчезновения нароста.

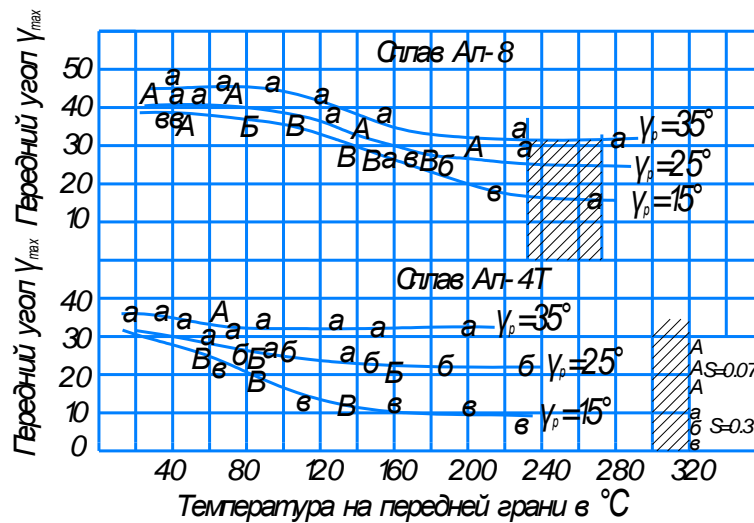


Рисунок 4. Области исчезновения нароста.

В работе [1] заключается, что процесс образования нароста и его строение при резании стали и алюминиевых сплавов принципиально подобны. Отличие заключается в том, что у алюминиевых сплавов этот процесс протекает активнее.

Как и при резании стали, температура на передней грани является характеристикой протекания процесса, но максимуму кривых $H=f(V)$ соответствуют значительно более низкие температуры.

Образование нароста при обработке алюминия и его сплавов может быть как положительным явлением, так и отрицательным, смотря какая обработка производится. Он защищает переднюю поверхность режущей части инструмента, повышает стойкость инструмента за счет того, что нарост закрывает собой режущую кромку, уменьшает силу резания, улучшает теплоотвод, но в то же время ухудшает качество обработанной поверхности, меняет ее форму, вызывает вибрации в системе СПИД.

Таким образом образование нароста оказывает благоприятное воздействие при черновых видах обработки, когда срезается большой слой материала, и крайне нежелателен при чистовой обработке.

1. В. Б. Лившиц. Образование нароста при резании алюминиевых сплавов. Известия Томского политехнического университета. 1961г
2. А. Н. Еремин. Физическая сущность явлений при резании стали. Машгиз, 1951.
3. Т. Н. Лоладзе. Стружкообразование при резании металлов. Машгиз. 1952.
4. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
5. А. И. Исаев. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. Машгиз, 1950.
6. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
7. А. П. Семенов. Схватывание металлов. Машгиз, 1958.
8. В. Д. Кузнецов. Наросты при резании и трении. М., 1956.
9. Д. О. Славин. Н. В. Соколов. Технология металлов. Машгиз- 1949 г.
10. Явления, происходящие при резании металлов / Я.Г. Усачев. 1915

Лайша А.К., Бушманов Д.В., Пьянзин А.М.

Особенности процесса SLA 3D-печати гибкими эластомерами

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
(Россия, Нижний Новгород)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-526

Аннотация

В данной статье рассматриваются особенности печати гибкими фотополимерами. Описываются результаты практических экспериментов с использованием слайсера Lychee, в ходе которых формулируются рекомендации для печати изделий из гибких эластомеров. Основной акцент сделан на важности качества поддержек, оптимальном позиционировании модели на столе принтера, а также на механических и программных настройках принтера для успешной печати.

Ключевые слова: 3D-печать, SLA, особенности печати, гибкий фотополимер, дефекты 3D-печати, качество 3D-печати, настройки поддержек.

Abstract

This article discusses the features of printing with flexible photopolymers. The results of practical experiments using the Lychee slicer are described, during which recommendations for printing products made of flexible elastomers are formulated. The main emphasis is placed on the importance of the quality of the supports, the optimal positioning of the model on the printer table, as well as on the mechanical and software settings of the printer for successful printing.

Keywords: 3D printing, SLA, printing features, flexible photopolymer, 3D printing defects, 3D printing quality, support settings.

Введение

DLP 3D печать – это технология, разработанная в 1980-х компанией Texas Instruments, основанная на методике цифровой обработки света с использованием цифровых зеркал. Она

схожа с лазерной стереолитографией (SLA), но отличается более низкой стоимостью и высокой скоростью печати.

Принцип работы DLP 3D принтеров включает в себя разделение разработанной 3D-модели на слои и печать методом проецирования ультрафиолетового света на фотополимер. Преимущества данной технологии печати включает в себя: высокую скорость, точность и доступность различных материалов для печати. Точность печати зависит от качества фотополимера и принтера, а также от температуры окружающей среды.

На рынке существуют различные типы фотополимерных смол, такие как:

- художественные - имеют наибольшую популярность из-за простоты печати и дешевизны;
- инженерные - обладающие хорошими механическими свойствами;
- ювелирные - используются для выжигаемых моделей для литья;
- стоматологические, являющиеся биосовместимыми.

В данной работе мы более подробно рассмотрим гибкие фотополимеры, относящиеся к классу инженерных смол.

Эластомерные смолы обладают высокой вязкостью в жидком виде, что обуславливает определённые особенности и рекомендации при печати. Эти материалы отличаются низкой усадкой, хорошей упругостью, мягкостью при одновременной устойчивости к механическим воздействиям, ударопрочностью и отсутствием вредных эмиссий. Эти смолы идеально подходят для печати инженерных моделей, прокладок и используются при создании прототипов для станков, агрегатов и двигателей.

В ходе практических экспериментов, проведенных с использованием слайсера Lychee, были сформулированы следующие рекомендации для печати гибкими эластомерами.

Печать поддержек

Качество поддержек является ключевым фактором при печати изделий сложной формы. Однако при печати гибкими эластомерами необходимо изменить подход к проектированию системы поддержек в целом. Так, например, поскольку материал имеет довольно высокую эластичность в затвердевшем состоянии, то недопустимо устанавливать слишком мелкие поддержки на ответственные поверхности изделия. Также стоит учесть, что в процессе печати поддержки склонны испытывать пластические деформации на растяжение, что может привести к их отрыву от поверхности изделия. Сама структура поддержек и их габаритные размеры могут зависеть от материала печати, однако как показывает практика, для большинства гибких эластомеров справедливы следующие характеристики поддержек:

Таблица 1.

Рекомендуемы настройки поддержек.

<i>Настройки для Lychee Slicer</i>	
<i>Тип поддержек</i>	<i>Средние, Конус</i>
<i>Диаметр наконечника</i>	<i>0.4 - 0.5 мм.</i>
<i>Длина наконечника</i>	<i>1.33 – 1.70 мм.</i>
<i>Диаметр поддержки</i>	<i>1.5 – 1.67 мм.</i>

Стоит также отметить, что при проектировании системы поддержек для изделия стоит отдавать предпочтение сочетанию «много средних», чем «мало больших». Так нагрузка при печати будет распределяться равномернее на поддержки, что обеспечит их надежный контакт с поверхностью на протяжении всей печати. Если и возникает необходимость в монтаже мелких поддержек, то необходимо компенсировать воздействующую на них силу путем добавления уже не средней, а большой поддержки.

Методика проектирования систем поддержек прямо зависит от геометрии изделия и всецело опирается на физико-механические свойства материала, которым ведется печать. В общем виде, изделие не рекомендуется размещать в «подвешенном» виде исключительно на подержках, однако о позиционировании изделия подробнее поговорим в следующем пункте.

Позиционирование модели

Как показывает практика, самым лучшим вариантом расположения модели изделия на столе является тот, когда модель прилегает к рабочей поверхности принтера своей большей гранью. Так например если из твердых фотополимеров допустимо располагать модель изделия под углом к столу на подпорках, то при печати гибкими эластомерами из за возникающих в процессе печати пластических деформаций печатаемая модель может сорваться с подпорки что приведет к браку.

Настройки слайсера

Зачастую, производитель предоставляет оптимальные настройки для каждого типа смолы для некоторых наиболее популярных принтеров. Однако стоит отметить что результат печати такими материалами также зависит от скорости поднятия и опускания платформы, времени засветки, параметра off-time который обозначает задержку между остановкой платформы в рабочем положении и включением матрицы для засветки. Обычно, для того чтобы смола успела заполнить собой всю рабочую область печати, когда стол опущен в крайнее нижнее положение, параметр Off-Time выставляется в промежутке от одной, до полутора секунд в зависимости от кинематической вязкости материала.

Механические и программные настройки

Данный пункт является самым важным при печати эластомерами, обладающих довольно высокой вязкостью в своем жидком состоянии. Суть проблемы печати данными материалами заключается в том, что производителями устанавливается некорректная скорость автопарковки стола 3д принтера. Так например когда платформа опускается вниз зазор между пленкой и столом уменьшается, тем самым создается избыточное давление на платформу, так как ей с каждым шагом становится все сложнее вытеснить лишний эластомер из зоны печати. Поскольку в приводе вертикального перемещения современных DLP и SLA принтерах используется шаговый двигатель, то его крутящий момент обратно зависит от скорости вращения двигателя. Таким образом некорректно выставленная скорость опускания платформы в рабочую область при печати гибкими эластомерами может привести к пропуску шагов двигателя, а в худшем случае к его заклиниванию. Данный фактор может поспособствовать выходу из строя драйвера шагового двигателя.

К сожалению, многие производители если и выкладывают прошивку принтера в открытый доступ, то в нее не возможно внести изменения, в отличии от открытых прошивок как Marlin или Klipper. А в большинстве современных слайсеров регулировки скорости автопарковки попросту нет. Таким образом на основе всего вышеперечисленного были составлены методы и рекомендации которые позволят получить хороший результат при печати гибкими эластомерами.

- 1) Подогрев ванны с фотополимером для уменьшения вязкости:
Фотополимер при нагреве изменяет свою текучесть и становится более податливым, однако данная функция реализована не во всех принтерах.
- 2) Перфорирование платформы:
Перфорирование платформы заключается в создании массива маленьких или средних сквозных отверстий. Данное решение позволяет при печати вязкими составами снизить создаваемое давление на платформу принтера при этом не влияя на получаемое качество изделия и на адгезию.
- 3) Перепрошивка принтера:
Создание открытого программного обеспечения с возможностью регулировки заводских параметров поспособствует увеличению гибкости.

1. Бельсков Д.С., Пальмов С.В., 3D-ПЕЧАТЬ// Форум молодых ученых, 2018, С. 54-58.
2. Беседина К.С., Лавров Н.А., Барсков В.В., Применение аддитивных технологий при получении изделий из полимерных материалов (обзор)// Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), С. 56-63
3. Беседина К.С., Лавров Н.А., Барсков В.В., Обзор фотополимерных материалов для 3d печати методом стереолитографии// Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2020, С. 99-101.
4. Рентюк В., Шаговые двигатели: промышленные решения// Компоненты и Технологии, 2014, С. 113-116

Синицын С.А.¹, Тихомирова Е.Б.²

Универсальная методика информационных оценок при моделировании циклических поверхностей

¹Российского университета транспорта (РУТ(МИИТ))²Московский авиационный институт
(Россия, Москва)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-527

Аннотация

Традиционной задачей проектирования закрытых технических систем и объектов является моделирование контурных обводов и рабочих поверхностей деталей с целью их изготовления на технологическом оборудовании с числовым программным управлением. Свойства таких поверхностей определяются методом моделирования, а также составом исходных данных, включающим параметрические группы и уровень их дискретизации элементами каркаса. В качестве безразмерной обобщающей характеристики поверхности целесообразно использовать меру количества информации, которая позволяет суммировать весьма разнородные свойства и параметры поверхности с целью количественного сравнения и оценки достижимой точности моделирования. Формулы вычисления геометрической информации каркасных поверхностей также позволяют решать обратные задачи выбора исходных данных, которые обеспечивают заранее заданную точность расчета поверхности. Объектом внимания в этой статье являются широко используемые циклические и винтовые поверхности, задание которых осуществляется на основе дискретных замкнутых и открытых каркасных элементов.

Ключевые слова: обводы поверхностей, циклические поверхности, винтовые поверхности, выбор исходных данных, геометрическая информация, каркас задания поверхности, метрическая и позиционная информация.

Abstract

The traditional task of designing closed technical systems and objects is to model the contours and working surfaces of parts for the purpose of their manufacture on technological equipment with numerical control. The properties of such surfaces are determined by the modeling method, as well as the composition of the initial data, including parametric groups and the level of their discretization by frame elements. As a dimensionless generalizing characteristic of a surface, it is advisable to use a measure of the amount of information, which allows one to summarize very heterogeneous properties and parameters of the surface for the purpose of quantitative comparison and assessment of the achievable modeling accuracy. Formulas for calculating geometric information of frame surfaces also allow solving inverse problems of selecting initial data that provide a predetermined accuracy of surface calculations. The object of attention in this article is the widely used cyclic and helical surfaces, the definition of which is carried out on the basis of discrete closed and open frame elements.

Keywords: contours of surfaces, cyclic surfaces, helical surfaces, selection of initial data, geometric information, framework for specifying a surface, metric and positional information.

Циклические поверхности образованы движением окружности переменного радиуса по пространственной траектории в плоскости переменной ориентации, рис.1.

Определитель циклической поверхности общего вида включает три линии: m – линию центров; n – линию радиусов; p – линию мгновенной ориентации плоскости образующей окружности: $S(m,n,p)$.

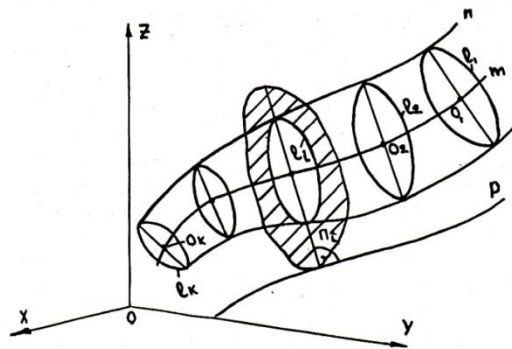


Рисунок 1. Схема моделирования циклической поверхности общего вида.

Выделим кусок циклической поверхности ΔS_i , измеряемый интервалом неопределенности линии центров Δm , рис.2.

Допустим, что образующие окружности расположены в плоскостях нормальных линии центров m в каждой ее точке. Тогда элемент циклической поверхности ΔS_i представляет собой коническую поверхность или, с учетом малости параметра Δm , боковую поверхность прямого кругового цилиндра, радиус окружности которого определяется значением l_i ($l_i = l_{i+1}$), а высота равна Δm .

Площадь боковой поверхности элемента ΔS_i определяется выражением:

$$\Delta S_i = l_i \Delta m_i, (3)$$

где l_i - длина образующей окружности в точке m_i .

Учитывая, что радиус окружности l_i определен координатами точки N_i кривой n в локальной системе отсчета $O_i X_i Y_i Z_i$ (рис.2), преобразуем выражение (3):

$$\Delta S_i = 2\pi X_{Ni} \Delta m, (4)$$

где X_{Ni} - длина координатного отрезка, совпадающего с осью $O_i X_i$.

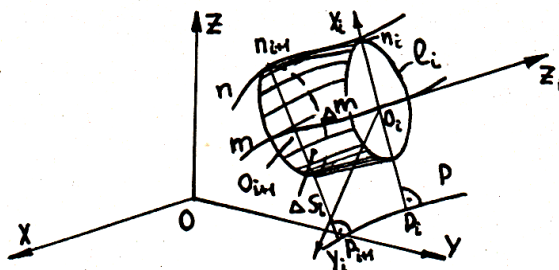


Рисунок 2. Аппроксимация диффэлементов циклической поверхности.

Далее определим площадь трубчатой поверхности S_T интегральной суммой составляющих элементов (4):

$$S_T = 2\pi X_{Ni} \Delta m \sum_{i=1}^K X_{Ni}. (5)$$

Подставляя в (5) величину среднего радиуса образующих окружностей

$$\tilde{R} = \sum_{i=1}^K (X_{Ni} / k), (6)$$

получим выражение площади трубчатой поверхности S_T :

$$S_T = 2\pi X_{Ni} \Delta m k \tilde{R} = 2\pi L m \tilde{R}. (7)$$

Метрическая составляющая геометрической информации [1,с.144] трубчатой поверхности S_T , определяется суммой:

$$Inf(S_T) = \ln 2\pi + Inf_M(m) + Inf_M(\tilde{R}). (8)$$

Метрические свойства поверхности S_T дополняются позиционной информацией образующих линий m и n .

На основании (8) получаем:

$$Inf(S_T) = \ln 2\pi + Inf(m) + Inf(n) + Inf_M(\tilde{R}), (9)$$

где $Inf_M(\tilde{R})$ определена в системе отсчета, связанной с линией центров m (рис.2).

Выражение (9) получено для трубчатой поверхности S_T с нормальной ориентацией плоскостей образующих окружностей относительно линии центров m .

Далее рассмотрим информационные свойства [2,с.217] циклической поверхности общего вида (рис.1) с ориентацией плоскостей образующих, заданной направляющей P .

Мгновенная ориентация плоскостей окружностей l_i (рис.3) относительно нормальной плоскости к линии центров в точке $M_i = O_i$ определяется углом γ_i , заданным координатой P_i кривой $P(\gamma_i = \varphi(P_i))$.

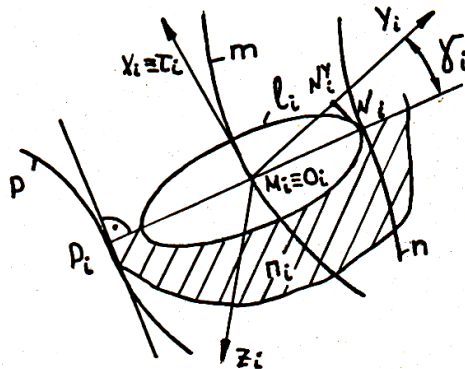


Рисунок 3. Схема параметров мгновенной ориентации образующей окружности.

Зададим систему координат $O_i X_i Y_i Z_i$, начало которой поместим в точке M_i линии центров m , ось $O_i X_i$ направим по касательной τ_i в точке M_i , ось $O_i Y_i$

направим в сторону пересечения с кривой n . Тангенс угла γ_i (рис.3) определяется первой производной характеристики P в точке P_i :

$$\text{tg } \gamma_i = p'(p_i) \quad (10)$$

Для вычисления элемента площади циклической поверхности ΔS_i спроецируем образующую окружность l_i на плоскость, содержащую ось $O_i Y_i$ и бинормаль $M_i Z_i$. При этом точка N_i проецируется на ось $O_i Y_i (N_i^Y)$. Проекцией окружности на плоскость, как правило, будет эллипс, который можно аппроксимировать окружностью радиуса:

$$R_i = O_i N_i \text{Cos } \gamma_i \quad (11)$$

Выразим:

$$\text{Cos } \gamma_i = \sqrt{\frac{1}{1 + P'(P_i)^2}} \quad (12)$$

Тогда элемент площади циклической поверхности можно выразить следующей формулой:

$$\Delta S_i = 2\pi(O_i N_i) \text{Cos } \gamma_i \Delta m \quad (13)$$

Если считать параметр P_i постоянным по длине линии центров, то на основании (8) получим формулу вычисления метрической информации циклической поверхности общего вида:

$$Inf(S_T) = \ln 2\pi + Inf_M(m) + Inf_M(\tilde{R}) + \ln \sqrt{\frac{1}{1 + P'(P_i)^2}} \quad (14)$$

С учетом (9) полная геометрическая информация циклической поверхности равна [3,с.36]:

$$Inf(S_T) = \ln 2\pi + Inf_M(\tilde{R} \tilde{m}) + \ln \sqrt{\frac{1}{1 + P'(P_i)^2}} + Inf(n). \quad (15)$$

С учетом свойства логарифмов получаем:

$$\ln \sqrt{\frac{1}{1 + P'(P_i)^2}} = - \ln p'(p_i). \quad (16)$$

Учитывая информационные свойства характеристики P , получаем формулу расчета геометрической информации циклической поверхности общего вида:

$$\text{Inf}(S_T) = \ln 2\pi + \text{Inf}(m) + \text{Inf}(n) + \text{Inf}_M(\bar{R}) - \text{Inf}(P'), \quad (17)$$

где \bar{R} – средний радиус образующих окружностей.

Составляющая геометрической информации производной от характеристики P входит в формулу (17) со знаком минус, что соответствует геометрическому смыслу отклонения плоскости образующей окружности от нормали к линии центров.

Далее определим информационное содержание винтовой поверхности S_{VI} , образованной некоторой ограниченной линией l , совершающей винтовое движение, рис.4.

Направляющими винтовой поверхности являются винтовые параллели m_i . Зададим определитель винтовой поверхности тремя параметрами: осью i , образующей l и винтовой параллелью m_k , как направляющей: $S_{VI}(i, l, m_k)$.

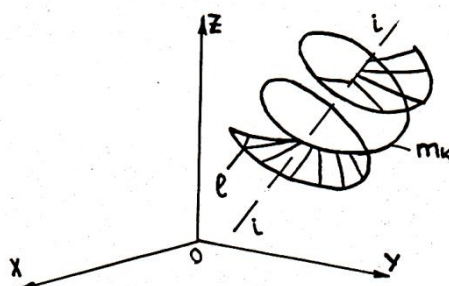


Рисунок 4. Схема формообразования винтовой поверхности.

Параметры l и m_k входят в качестве аргументов функции геометрической информативности, ось вращения i определяет дополнительную составляющую геометрической информации винтовой поверхности:

$$\text{Inf}(S_{VI}) = \text{Inf}(l) + \text{Inf}(m_k) + \text{Inf}(i). \quad (18)$$

В зависимости от конкретного типа винтовой поверхности задача оценки ее информационного содержания решается индивидуально.

Например, оценка информационного содержания прямого геликоида выполняется с учетом прямолинейной образующей перпендикулярной оси поверхности. Тогда составляющая позиционной информации образующей отсутствует, и формула (18) принимает вид:

$$\text{Inf}(S_g) = \text{Inf}_M(l) + \text{Inf}(m_k) + \text{Inf}(i). \quad (19)$$

Полученные формулы расчета геометрической информации (17) и (19) могут быть применены для расчета поверхностей с предварительно заданными дифференциально-геометрическими свойствами, в том числе гладкости обводов и точности формообразования.

С точки зрения представленных в статье алгоритмов можно выделить два класса задач.

Первый класс определяет возможность непосредственного вычисления геометрической информации поверхности с последующей оценкой точности ее моделирования.

Второй – выбора оптимального состава исходных данных для расчета поверхности с заданной точностью, то есть решение, так называемой, обратной задачи информационных оценок.

1. Гусарова О. Ф., Сеницын С. А., Шумейко Г. С. Методика информационных оценок исходных данных и методов моделирования линейных каркасных и кинематических поверхностей. Оригинальные исследования (ОРИС).13. Выпуск. 9. 2023. с.142-148
2. Гусарова О.Ф., Сеницын С.А., Шумейко Г.С. Методика информационных оценок исходных данных и методов расчета при моделировании простых линейчатых поверхностей. Тенденции развития науки и образования. №103, Ноябрь 2023 (Часть 8). Стр. 216-219.
3. Сеницын С.А. Метод статистической аппроксимации геометрических обводов различной гладкости// ОРИС, т.10. 2020. №1. С.34-38.

Сотников А.С., Краснова М.Н.

Фрезерование конических поверхностей на деталях из жаропрочных сталей

Воронежский государственный технический университет
(Россия, Воронеж)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-528

Аннотация

В статье рассматривается проблема фрезерования конических пазов на деталях, изготовленных из жаропрочных сталей. Разработана математическая модель фрезерования, описывающая условия обработки в зоне резания.

Ключевые слова: жаропрочность, фрезерование, коническая поверхность, температура резания.

Abstract

The article discusses the problem of milling conical grooves on parts made of heat-resistant steels. A mathematical model of milling has been developed that describes the processing conditions in the cutting zone.

Keywords: heat resistance, milling, conical surface, cutting temperature.

При фрезеровании жаропрочных и коррозионностойких сталей могут возникать различные тепловые явления. Они могут быть вызваны трением инструмента об обрабатываемую поверхность, высокими скоростями резания, а также высокой твердостью и прочностью этих материалов.

Одним из основных тепловых явлений является повышение температуры обрабатываемого материала в зоне резания. Высокая температура может привести к образованию нежелательных изменений в микроструктуре материала, таких как наклёп или закалочные трещины.

Для снижения тепловых явлений при фрезеровании жаропрочных и коррозионностойких сталей рекомендуется использовать специальные режимы резания. Например, можно уменьшить скорость резания и увеличить подачу инструмента. Также важно обеспечить достаточное охлаждение инструмента и обрабатываемой поверхности, например, применяя охлаждающие жидкости.

Важно отметить, что при фрезеровании жаропрочных и коррозионностойких сталей необходимо использовать качественные инструменты с высокой твердостью и стойкостью к износу. Также рекомендуется проводить регулярное контрольное измерение температуры резания, чтобы предотвратить перегрев инструмента и обрабатываемой поверхности [1].

Анализ и регулирование изменений в температуре при фрезеровании жаропрочных и коррозионностойких сталей необычайно важны. Необходимость этого вытекает из следующих особенностей:

- силы резания для обработки труднообрабатываемых металлов значительно превышают значения при обработке обычных конструкционных сталей, что приводит к повышению количества тепла на единицу срезаемого объема металла;
- сложность отвода тепла из зоны резания, которая влечёт за собой сильный нагрев инструмента, ввиду существенно более низкой теплопроводности труднообрабатываемых материалов по сравнению с конструкционными сталями. Наиболее остро стоит этот вопрос при фрезеровании в относительно замкнутом пространстве.

Работая на режимах резания, которые будут оптимальными для конструкционных сталей, с жаропрочными и коррозионностойкими сталями, мы сможем наблюдать быстрое достижение предельной температуры резания, следовательно, стойкость фрезы резко упадёт, а

дальнейшее увеличение сил резания приведёт к поломке инструмента. Стандартным выходом из данной ситуации является снижение скорости резания от 2 до 10 раз, что незамедлительно приведёт к снижению производительности обработки.

Исходя из этого, остро встаёт вопрос о нахождении таких технологических методов, которые при высокой прочности обрабатываемых материалов обеспечили бы достаточно высокую производительность и стойкость режущего инструмента.

Имеющиеся работы по нахождению подходящих режимов резания не охватывают в полной мере область обработки специальных марок нержавеющей, жаропрочных и высокопрочных сталей и сплавов.

Поэтому возникает необходимость создания математической модели расчета режимов резания труднообрабатываемых материалов с учетом температуры резания.

Разберём три стратегии обработки конического паза (см. рис. 1) фасонным инструментом (см. рис. 2).

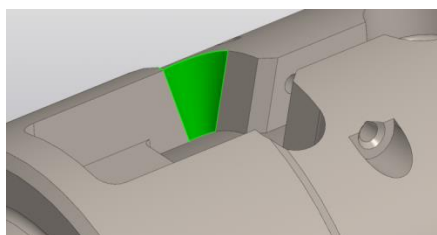


Рисунок 1. Паз конический.

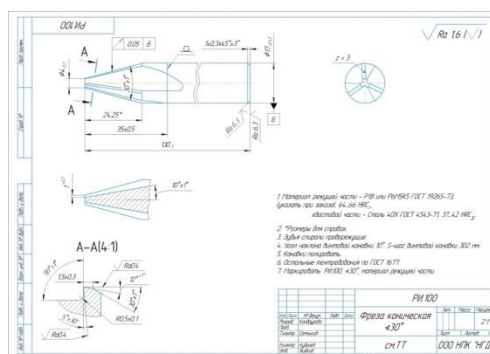


Рисунок 2. Фреза фасонная.

Сначала определим общие ограничения для всех видов обработки на станке. Таковыми являются: предельная температура резания и ограничения по кинематике станка [2].

Допустимая температура резания.

$$C_{\lambda} \cdot t^{x_{\lambda}} \cdot s^{y_{\lambda}} \cdot v^{z_{\lambda}} \leq T_{\text{доп}}$$

где t — глубина резания, мм;

s — подача, мм/об;

v — скорость резания, м/мин;

C_{λ} — константа, учитывающая условия резания;

x_{λ} , y_{λ} , z_{λ} — показатели степени.

По кинематике станка

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}$$

$$s_{\min} \leq s \leq s_{\max}$$

где n — частота вращения шпинделя, об/мин;

s — подача, мм/об.

Представим значение силы резания P как функционал от определяющих параметров, выбранных для фрезерования жаропрочных сталей:

$$P = f(v, s, t, \sigma)$$

Заменим параметры формулами их размерностей: скорость резания, v , (м/с) – LT^{-1} ; скорость подачи, s , (мм/с) – LT^{-1} ; глубина резания, t , (мм) – L ; тангенциальная составляющая силы резания, P , (Н) – MLT^{-2} ; предел прочности жаропрочной стали, σ , МПа – $ML^{-1}T^{-2}$.

Исходя из π -теоремы подобия, которая позволяет определить общую структуру зависимости, значение силы резания можно выразить следующим образом:

$$n - k$$

Где n – количество физических величин, входящих в уравнение;

k – наибольшее число величин с независимыми размерностями.

$$n - k = 5 - 3 = 2$$

Получили 2 безразмерных степенных комплекса и симплекса.

Добавим показатели степеней в формулу:

$$P = f(v^a, s^b, t^c, \sigma^d)$$

Воспользуемся методом Релея для решения размерных систем, подставив формулы размерностей:

$$MLT^{-2} = f((LT^{-1})^a, (LT^{-1})^b, L^c, (ML^{-1}T^{-2})^d)$$

Необходимо составить систему уравнений для показателей степеней, при выполнении которых уравнение будет однородным по размерностям:

$$\left. \begin{aligned} \text{Для } M: 1 &= d \\ \text{Для } L: 1 &= -a - b + c - d \\ \text{Для } T: -2 &= -a - b - 2d \end{aligned} \right\}$$

Решая данную систему уравнений, получим:

$$\left. \begin{aligned} b &= -a \\ c &= 2 \\ d &= 1 \end{aligned} \right\}$$

Подставим полученные показания степеней в формулу:

$$P = f(v^a, s^{-a}, t^2, \sigma^1)$$

Преобразуем выражение:

$$\frac{P}{(t^2 \cdot \sigma)} = f\left(\frac{v}{s}\right)^a$$

Учитывая выбранные ограничения и вид получившегося выражения, построим график функции (см. рис. 3).

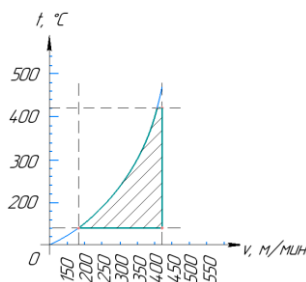


Рисунок 3. График получившейся функции

Вывод: таким образом, в ходе работы была получена математическая модель, описывающая процесс фрезерования жаропрочных и жаростойких сталей, которая позволяет определить наиболее работоспособные условия обработки.

1. Гумеров А.Ф., Схиртладзе А.Г., Гречишников ВА., Жарин Д.Е., Юрасов С.Ю. Управление качеством в машиностроении: учеб. пособие. Старый Оскол: ТНТ, 2008. 168с.

2. Пономарев, А.Б. Методология научных исследований: учеб. пособие. Пермь: изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2014. 186 с.

РАЗДЕЛ XXV. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Воронкин Б.А.

Обзор основных преимуществ среды динамического моделирования технических систем SimInTech

*Оренбургский Государственный Университет
(Россия, Оренбург)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-529

Аннотация

В статье рассматриваются основные преимущества программы для моделирования технических систем SimInTech. Проводится анализ основных функций и возможностей создания моделей в ней. Особенно актуальной данную работу делает вопрос импортозамещения в технических сферах России, так как SimInTech является отечественным аналогом многих популярных по миру инженерных программ.

Ключевые слова: simInTech, моделирование, импортозамещение.

Abstract

The article discusses the main advantages of SimInTech software for modelling technical systems. The main functions and possibilities of creating models in it are analysed. This article is especially relevant to the issue of import substitution in technical spheres of Russia, as SimInTech is a domestic analogue of many engineering software popular in the world.

Keywords: simInTech, modelling, import substitution.

С развитием компьютерных технологий в инженерии пришло много новых методов и средств улучшения, упрощения и повышения эффективности технических систем. Одним из направлений, значительно упростившим жизнь современным инженерам, стало компьютерное моделирование. Под моделированием в данном случае следует понимать исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей, а также использование моделей для определения или уточнения характеристик и рационализации способов построения вновь конструируемых объектов.

Сложные управляемые технические системы моделируются в специально созданных для этого программах – средах динамического моделирования технических систем. Для этих целей самыми популярными в мире платформами стали Simulink, Matrix, VisSim и некоторые другие. Многие из них до сих пор занимают ведущие места в тех или иных технических сферах России, но в реалиях политики отказа от зависимости отечественных инженеров от зарубежных оборудования и программ, внимание постепенно переключается на российские среды моделирования. Как оказалось, наибольшее из отечественных распространение получила платформа SimInTech (Simulation In Technic), находящаяся по сей день в разработке у компании «ЗВ Сервис».

Несмотря на стремление к импортозамещению, для большинства компаний и их работников будет недостаточно надписи «Отечественный продукт» для перехода с уже давно используемых и привычных зарубежных программ, таких как американский Simulink MATLAB. Все упомянутые платформы успешно справляются с математическими вычислениями, поэтому все возможности, связанные с ними, не будут подробно рассмотрены. Перейдем к основным преимуществам SimInTech в целом и в сравнении с аналогами.

SimInTech является универсальной средой моделирования: она имеет возможность создавать модели нестационарных процессов в физике, электронике, теплоэнергетике, гидравлике и многих других сферах, что делает ее применимой почти в любом типе производства.

Стабильность программы обеспечивается за счет ее технически простой реализации – платформа создана на базе примитивного по современным представлениям языке Pascal, а значит операционные системы не будут конфликтовать с SimInTech из-за невозможности реализации слишком сложных операций.

Среда может применяться как САПР при условии модельно-ориентированного подхода к проектированию систем управления жизненным циклом изделия. Кроме того, SimInTech позволяет создавать комплексные модели – модели, организующие обмен данными между расчетными схемами, созданными в разных шаблонах.

Составленные в SimInTech модели могут быть переведены в С-код при помощи специального генератора. Это значительно ускоряет процесс программирования многих простых, но важных систем. Эта функция, например, заменяет традиционное ручное программирование контроллеров и реле.

При этом, все перечисленные «плюсы» SimInTech также относятся и к его конкурентам. Ниже приведены факты, которые свидетельствуют о преимуществе рассматриваемой среды моделирования перед другими.

Меньшие требования: для нормальной работы многих функций зарубежного ПО требуется много ресурсов системы, при этом, что отмечается самими разработчиками, SimInTech достаточно экономична и не требовательна.

Дешевизна: «ЗВ Сервис» не отрицает, что их прямые конкуренты имеют мощные встроенные математические алгоритмы, методы обработки данных и научную графику, но все это сильно увеличивает стоимость самой программы, из-за чего она становится почти недоступной для мелких и не слишком крупных предприятий, а особенно, для образовательных организаций, к которым вернемся позже. SimInTech такой проблемы не имеет. При этом, не стоит думать, что низкая стоимость ухудшает само ПО – графические возможности позволяют создавать составные части SCADA-систем высокого уровня.

Отечественная среда моделирования является одной из наиболее гибких в плане настройки «под себя». Спектр индивидуальных блоков, нужных для программирования конкретного поведения алгоритмов, ограничивается лишь фантазией инженера-программиста и вычислительными мощностями самой ЭВМ.

SimInTech уже зарекомендовала себя в построении систем управления АЭС, гидравлических и теплоэнергетических сетей. Специфичным, но все же преимуществом это станет для инженеров конкретно этих сфер, так как «ЗВ Сервис» активно внедряет новые возможности к построениям моделей, свойственных именно упомянутым отраслям.

Для российских инженеров особенно важным преимуществом может стать возможность построения схем моделей почти по всем возможным ГОСТ, не теряя при этом функциональных или вычислительных качеств. В программе можно создавать полностью верифицированные и документированные проекты

Упомянутый генератор кода стандарта ASCII C сертифицирован по ГОСТ Р МЭК 60880-2010 и является инструментальной программой для разработки программного обеспечения управляющих систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности и для управляющих систем безопасности.

Возвращаясь к вопросу об интеграции программ динамического моделирования в образовательный процесс, нужно отметить, что повышению популярности SimInTech в инженерной культуре России, несомненно, способствует наличие бесплатной учебной версии, не имеющей «неудобные» ограничения, как у учебных версий большинства программ. Все имеющиеся в демоверсии возможности с достатком покрывают нужды учебных заведений для организации обучения студентов моделированию технических систем.

Основываясь на вышеописанном, можно утверждать, что на данный момент, нельзя говорить о глобальных преимуществах SimInTech на мировом рынке, но для отечественных инженеров российские разработчики готовы предложить некоторые весомые плюсы: более легкая интеграция в инженерию за счет небольшой стоимости и наличия бесплатной учебной версии, соответствие российским стандартам; возможность работать с компанией, не

находящейся за тысячи километров через границу. Для российских предприятий, имеющих не слишком высокий в сравнении с мировым уровень автоматизации, внедрение и применение не слишком дорогого и сложного ПО SimInTech позволит закрыть все потребности в техническом моделировании, спонсируя и этим развивая отечественного разработчика.

1. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва : Большая российская энциклопедия ; Санкт-Петербург : Норинт, 2000.
2. Соколова А. Как заработать на математическом моделировании [Электронный ресурс]// RB.RU [сайт]. URL: <https://rb.ru/story/science-simintech/> (Дата обращения: 20.01.2024)
3. SimInTech - Simulation In Technic [Электронный ресурс] // Официальный сайт среды динамического моделирования SimInTech – ООО «ЗВ Сервис». URL: <https://simintech.ru/> (Дата обращения: 20.01.2024)

Глущенко С.В.

Стохастизм при взаимодействии параметров системы

*Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-530

Аннотация

В статье рассмотрен подход к исследованию конфликта систем. Проведена попытка формализации конфликта в стохастической системе. Доказано утверждение, формализующее конфликт. Приведены доводы в пользу анализа функционирования системы на основе ядер конфликта.

Ключевые слова: конфликт, случайная величина, коэффициент корреляции, плотность вероятности.

Abstract

The approach to the study of the conflict of systems is considered in the article. An attempt was made to formalize the conflict in a stochastic system. The statement formalizing the conflict is proved. The arguments are presented in favor of analyzing the functioning of the system based on the conflict nuclei.

Keywords: conflict, random variable, correlation coefficient, probability density.

В процессе функционирования самоорганизующаяся система на определенных временных этапах преследует определенные цели. При этом задача - минимум системы состоит в самосохранении, во избежание дезинтеграции, в сохранении устойчивости по системообразующим параметрам. Вместе с тем самоорганизующаяся система может ставить и задачу - максимум, решение которой позволило бы системе достичь нового состояния, улучшив свои качественные и количественные показатели.

Самоорганизующаяся система должна обладать определенным потенциалом для своего функционирования. Теоретически она может обладать достаточным ресурсом и уровнем организации, позволяющими функционировать системе в замкнутом режиме достаточно длительное время. В ходе своего развития система должна вступать в отношения с другими самоорганизующимися системами, обладающими ресурсами, с целью возобновления затраченных собственных ресурсов. Такими отношениями могут быть сотрудничество (содействие) или конфликт. Сотрудничество предполагает взаимовыгодный обмен ресурсами по определенным схемам и условиям. В условиях конфликта системы в процессе взаимодействия стремятся завладеть как можно большим количеством ресурса соперника, в то же время, пытаясь сберечь как можно больше свой ресурс.

В ходе математического моделирования функционирования производственных, биологических и экологических систем необходимо контролировать состояние ресурсной базы и учитывать характер взаимодействия систем, как правило, конфликтующих в процессе использования ресурсов. Для двух противодействующих систем X, Y можно построить систему рекуррентных уравнений, характеризующих состояние систем в процессе борьбы за определенный вид ресурса [1].

$$y_j(k+1) = y_j(k) \prod_{i=1}^n (1 - p_{ij}^x - q_{ij}^x)^{x_i(k)u_{ij}(k)/y_j(k)} + \sum_{i=1}^n x_i(k)q_{ji}^y y_j(k)v_{ji}(k)/x_i(k),$$

$$x_i(k+1) = x_i(k) \prod_{j=1}^m (1 - p_{ji}^y - q_{ji}^y)^{y_j(k)v_{ji}(k)/x_i(k)} + \sum_{j=1}^m y_j(k)q_{ij}^x x_i(k)u_{ij}(k)/y_j(k).$$

Величины $u_{ij}(k)$, $v_{ij}(k)$ - параметры управления на k-м шаге. Изменяя их, каждая из сторон оказывает влияние на ход процесса. p_{ij}^x , p_{ji}^y - вероятность поражения единицей i-го ресурса системы X единицы j-го ресурса системы Y, а p_{ji}^y - вероятность поражения единицей j-го ресурса системы Y единицы i-го ресурса системы X. q_{ij}^x - вероятность захвата единицей i-го ресурса системы X единицы j-го ресурса системы Y, а q_{ji}^y - вероятность поражения единицей j-го ресурса системы Y единицы i-го ресурса системы X ([1]).

Рассматриваемый процесс является стохастическим, но его можно и удобно моделировать с использованием метода динамики средних, основывающегося на предположении, что эффективность каждой стороны конфликта зависит не от единичного (случайного), а от некоторого среднего воздействия на сторону противника.

В соответствии с изложенным целесообразно рассмотреть численные показатели систем X и Y как случайные величины, значения которых необходимо оптимизировать. Пусть непрерывная случайная величина X принимает значения возможных состояний системы на отрезке [a,b], а случайная величина Y принимает значения возможных состояний системы на отрезке [c,d]. Не ограничивая общности, будем считать оптимальными их минимальные значения, соответственно для X – a, для Y – c. С уменьшением своих значений X и Y становятся более желательными с точки зрения ЛПР (их полезность возрастает).

Будем исходить из того, что X и Y – зависимые непрерывные случайные величины. В противном случае говорить о конфликте не приходится. Тогда изменение значений одной из них (например X) влечет за собой изменение другой (Y). В целом произвольному значению X может соответствовать произвольное значение Y, но с неодинаковой вероятностью ([2]).

Естественно полагать, что для $\forall \varepsilon > 0$ и $\forall x' \in [a,b]$ каждому отрезку $[x'-\varepsilon, x'+\varepsilon]$ соответствуют определенные значения $y' \in [c,d]$, $\delta > 0$ и отрезок $[y'-\delta, y'+\delta]$ с максимальной вероятностью. При этом $x', \varepsilon, y', \delta$ должны соответствовать ограничениям $[x'-\varepsilon, x'+\varepsilon] \subseteq [a,b]$, $[y'-\delta, y'+\delta] \subseteq [c,d]$. Все такие пары отрезков $[x'-\varepsilon, x'+\varepsilon]$ и $[y'-\delta, y'+\delta]$ образуют состояния устойчивости (равновесия) объединенной системы $S=S_1 \cup S_2$. При выходе из одного устойчивого состояния система S стремится занять новое устойчивое состояние.

Если между X и Y конфликт, то нарушение равновесия в сторону улучшения X (приближение значений X к a, т.е. уменьшение значений X, $\Delta x < 0$) скорее всего приведет к ухудшению Y с точки зрения ЛПР (приближение Y к d, т.е. возрастание значений Y, $\Delta y > 0$). Таким образом, если $\Delta x < 0$, то вероятнее всего $\Delta y > 0$, и, наоборот, если $\Delta x > 0$, то скорее всего $\Delta y < 0$. Менее вероятно нарушение равновесия, когда $\Delta x > 0$, а $\Delta y = 0$, или $\Delta x < 0$, $\Delta y = 0$. Еще менее вероятно, когда при $\Delta x > 0$ $\Delta y > 0$ или при $\Delta x < 0$ $\Delta y < 0$. Т.е:

$$p(\Delta y < 0 / \Delta x < 0) < p(\Delta y = 0 / \Delta x < 0) < p(\Delta y > 0 / \Delta x < 0)$$

$$\text{или } p(\Delta y > 0 / \Delta x > 0) < p(\Delta y = 0 / \Delta x > 0) < p(\Delta y < 0 / \Delta x > 0).$$

Можно говорить об убывании функции плотности вероятности $f(y / x)$ в условиях конфликта случайных величин X и Y. Проведенные рассуждения позволяют дать определение конфликта двух однонаправленных с точки зрения достижения оптимума непрерывных случайных величин.

Определение. Две непрерывные случайные величины X и Y находятся в состоянии конфликта, если для любых $\Delta x > 0$ и $\Delta y \geq 0$ ($\Delta y > 0$ и $\Delta x \geq 0$) функция плотности вероятности $f(y/x)$ ($f(x/y)$) убывает.

Справедливо **утверждение.** Если для любых $\Delta x > 0$ и $\Delta y \geq 0$ функция плотности вероятностей $f(y/x)$ убывает, то условное математическое ожидание $M(Y/x)$ также монотонно убывает.

Доказательство. Представим условное математическое ожидание в виде

$$M(Y/x) = \int_c^d yf(y/x)dy$$

Функция y интегрируема на отрезке $[c,d]$. Без ограничения общности принимаем $y \geq 0$. Пусть функция $f(y/x)$ интегрируема и непрерывна по y на отрезке $[c,d]$. $f(y/x)$ ограничена снизу и сверху на $[c,d]$, кроме того $f(y/x) \geq 0$. Тогда по первой формуле о среднем найдется такое число $m \in [c,d]$, что

$$\int_c^d yf(y/x)dy = m \int_c^d f(y/x)dy$$

По этим же рассуждениям найдется такое число $e \in [c,d]$, что

$$m \int_c^d f(y/x)dy = f(e/x) \int_c^d dy = m(d-c)f(e/x).$$

При $\Delta x > 0$ $\Delta y = e - e = 0$. По Определению функция $f(e/x)$ монотонно убывает. Далее, так как $m > 0$ и $d - c > 0$, то и $m(d-c)f(e/x)$ также монотонно убывает.

Изложенное позволяет сделать вывод, что, если непрерывные случайные величины X и Y соответствуют условию 1 и X конфликтует с Y , то при возрастании x $M(Y/x)$ монотонно убывает.

В [2] было показано, что конфликт случайных событий характеризуется отрицательным коэффициентом корреляции. Справедливо также утверждение: если две непрерывные случайные величины находятся в состоянии конфликта, то их коэффициент корреляции имеет отрицательное значение. Для нормально распределенных случайных величин справедливо и обратное утверждение, т.е. две случайные величины находятся в состоянии конфликта тогда и только тогда, когда их коэффициент корреляции имеет отрицательное значение.

Т.к. все параметры системы можно разбить на три группы:

1. группа независимых параметров;
2. группа, в которой характер взаимосвязей между параметрами можно определить как "согласие";
3. группа, в которой характер взаимосвязей между параметрами можно определить как "конфликт", необходимо рассмотреть виды взаимодействия параметров в отдельности.

Параметры из 2-й группы отвечают тому требованию, что если воздействовать на каждый из них в направлении их оптимумов, то значения взаимосвязанных с ними параметров также приближаются к оптимальным. Напротив, для любой пары конфликтующих параметров из 3-й группы наблюдается следующее: приближение значений одного из этих параметров к своему оптимуму соответствует отдалению значений другого параметра от своего оптимума.

Параметры из 1-й и 2-й групп не вызывают проблем при оптимизации процесса. Для этих групп возможно применение хорошо разработанного аппарата скалярной оптимизации. По параметрам из 3-й группы скалярная оптимизация невозможна, в этом случае необходимо осуществить векторную оптимизацию, что гораздо более сложно. Отсюда следует, что конфликтующие параметры вызывают намного больший интерес у исследователя по сравнению с неконфликтующими.

В сложных стохастических системах значительное количество параметров взаимосвязано. При этом корреляционные плеяды, включающие конфликтующие параметры (с отрицательными значениями парных коэффициентов корреляции) образуют ядра конфликта W^k , плеяды, состоящие из параметров с положительными коэффициентами корреляции образуют ядра содействия W^c , а некоррелирующие параметры можно сгруппировать в ядро безразличия W^n ([2]).

Рассмотренное позволяет выявить качественный характер и количественную степень взаимодействия по знаку и значению их коэффициентов корреляции, т.е. локализовать ядро конфликта и силу конфликта в ядре между сторонами конфликта.

1. Гаврилов В.М. Оптимальные процессы в конфликтных ситуациях / В.М. Гаврилов. – М: Советское радио, 1969. - 160 с.
2. Глущенко С.В. Синтез моделей и алгоритмов анализа функционирования стохастических технологических систем в условиях конфликта взаимодействующих параметров. Дис...канд. техн. наук. / С.В. Глущенко. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 159 с.

Евдошенко О.Ю., Сергеева Е.В., Никифоров И.А.

Моделирование печи пиролиза нефти для процесса получения этилена

*Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского
(Россия, Саратов)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-531

Аннотация

В статье рассмотрена математическая модель печи пиролиза нефти, которая предназначена для обучения персонала технологических установок в составе компьютерного тренажерного комплекса. Рассмотрен принцип работы модели, приведены данные расчетных и проектных показателей технологического режима.

Ключевые слова: математическое моделирование, печь пиролиза, компьютерный тренажерный комплекс, математическая модель.

Abstract

The article considers a mathematical model of a naphtha pyrolysis furnace, which is designed to train personnel of technological installations as part of a computer simulator complex. The principle of operation of the model is considered, data on the calculated and design indicators of the technological regime are presented.

Keywords: mathematical modeling, pyrolysis furnace, computer training complex, mathematical model.

Компьютерные тренажерные комплексы (КТК) предназначены для выработки у оперативного персонала технологических установок устойчивых и надежных навыков по выполнению действий в процессе пуска, нормальной эксплуатации, нормальной и аварийной остановок, возникновения нештатных и аварийных ситуаций. КТК позволяет отрабатывать навыки управления технологическим процессом в объеме всей технологической схемы установки. Навыки, формируемые на КТК соответствуют навыкам трудовой деятельности. КТК предоставляют возможность осуществить отладку производственных процессов еще до их фактического запуска. Это достигается благодаря проверке и настройке логики управления, а также оптимальному подбору технологических параметров. Виртуальное производство, созданное на основе математического моделирования всех процессов и устройств, полностью отражает все режимы работы и логику управления.

В рамках разработки КТК установки получения этилена, для обучения операторов управлению производством, была разработана математическая модель печи пиролиза нефти,

состоящая из двух блоков: 1 блок – горелки печи, 2 блок – змеевики, в которых осуществляются реакции пиролиза.

Печи пиролиза являются важнейшим оборудованием установки получения этилена, от них зависят теплоснабжение, распределение и выход продуктов. В целом печь пиролиза состоит из двух основных частей. В радиантной секции происходит пиролиз, и выделяются его основные продукты, этилен и пропилен, а также различные побочные продукты. Конвекционная секция используется для прогрева потока холодного углеводородного сырья, пара разбавления, котловой питательной воды и пара высокого давления за счет утилизации энергии горячего дымового газа.

Радиантная секция, являющаяся «сердцем» печи пиролиза, представляет собой трубчатый реактор, в котором происходит пиролиз углеводородного сырья с его распадом на более мелкие молекулы при регулируемой продолжительности и температуре процесса. Приток тепла в трубы реактора для этой высоко-эндотермической реакции обеспечивается, в основном, тепловым излучением горячего газа в топочной камере.

На рисунке 1 отображена схема модели радиантных змеевиков и горелок печи пиролиза. Топливный газ сжигается в шести подовых горелках, выделенных для одной группы радиантных змеевиков. 36 горелок сгруппированы в шесть зон от “А” до “F”, т.е. три зоны на одну топку. Каждая зона содержит шесть горелок (A-F 1-6). Четыре из этих горелок относятся к первой ступени, оставшиеся две, относятся ко второй ступени. Горелки первой ступени используются для нагрева печи до температуры дымовых газов 760 °С (температура на перевале), в то время как горелки второй ступени включаются только после того как температура дымовых газов достигнет 760 °С. Горелки первой ступени разжигаются при помощи пилотных горелок, для обеспечения воспламенения топливного газа при температуре ниже 760 °С

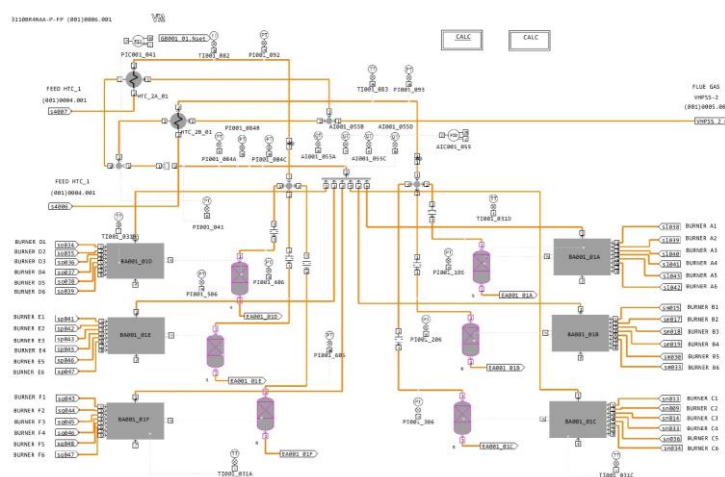


Рисунок 1. Схема модели радиантной секции печи.

В таблице 1 представлены состав крекинг-газа согласно проектной документации и состав, рассчитываемый разработанной моделью.

Таблица 1

Состав полученный с использованием модели и регламентный компонентный состав крекинг-газа (Сокращения: PON — парафины, олефины, нафтены; AR – ароматические углеводороды).

Компонент крекинг-газа	Проектные данные	Модельные данные	Компонент крекинг-газа	Проектные данные	Модельные данные
	моль. %	моль. %		моль. %	моль. %
H ₂	7.79	7.82	C ₄ H ₁₀	0,12	0,11
CO	0.03	0.02	Бензол	1,66	1,69
CO ₂	0.01	0.00	Толуол	0,81	0,82
H ₂ S	0.00	0.00	Ксилолы	0,21	0,21

$CН4$	14,86	15,00	Этилбензол/стирол	0,22	0,21
$C2H2$	0,36	0,44	$C5+PON$	0,97	0,92
$C2H4$	16,77	16,77	$C6+PON$	0,28	0,27
$C2H6$	1,80	1,78	$C7+PON$	0,02	0,02
$C3H4$	0,31	0,30	$C8+PON$	0,06	0,06
$C3H6$	5,54	5,46	$C9/C10 AR$	0,27	0,27
$C3H8$	0,16	0,16	Масло	0,28	0,29
$C4H4$	0,04	0,03	$H2O$	44,99	44,96
$C4H6$	1,47	1,44	Итого	100	100
$C4H8$	0,97	0,95			

Как видно из таблицы 1, по ключевым компонентам крекинг-газа модель показывает высокую корреляцию с проектными данными.

Разработанная модель печи пиролиза обеспечивает расчет всех контролируемых на реальном производстве параметров, описывает нормальное функционирование, а также учитывает неполное сгорание топлива, температуры топлива, подаваемого воздуха.

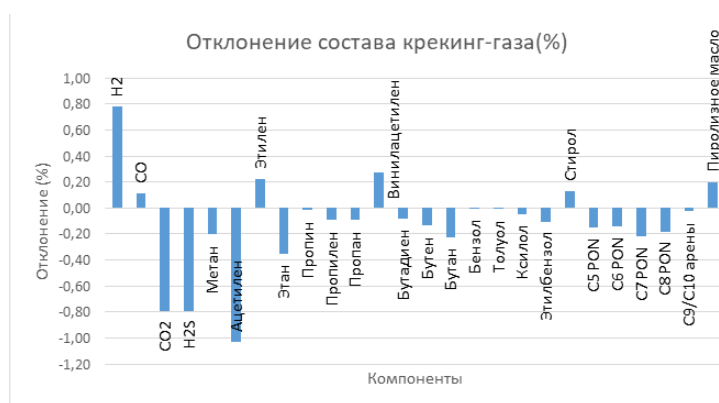


Рисунок 2. Отклонение состава крекинг-газа, полученного с использованием модели, от технологических данных.

Отклонение от технологических данных показано на рисунке 2 и составляет менее 2%, что говорит о высокой точности расчета.

При разработке математической модели были проведены испытания по осуществлению различных технологических операций: пуск печи пиролиза, ведение нормального технологического режима, нормальный и аварийный останов печи. При проведении испытаний критическими являлись такие характеристики, как расход углеводородного сырья, технологического пара и температура змеевиков, соответствующая данному расходу. По итогам проведенных испытаний модель показала хорошие результаты, все технологические операции осуществляются в соответствии с должностными инструкциями.

Все это свидетельствует об адекватности разработанной модели и допустимости ее применения для обучения операторов производства.

1. Математическое моделирование нестационарного процесса пиролиза углеводородов / Ф. А. Самедов, А. Ю. Морозов, Н.А. Самойлов, Т.Р. Просочкина // Нефтехимия. – 2019. – Т. 59, № 2. – С. 143-151.
2. Румянцев П.А., Чакрын В.Р. Использование автоматизированных обучающих систем для повышения эффективности обучения. – Теория и практика общественного развития, 2014, №19. С.217-219.
3. Чернышов М. Н., Долганов И. М. Математическое моделирование процесса пиролиза этан - пропановой фракции // Химия и химическая технология в XXI веке. – 2021. – Т. 2 – С. 103-104.

Какорин И.А.**Развитие и перспективы применения технологии 3D-печати***Волгоградский государственный университет
(Россия, Волгоград)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-532

Аннотация

Рассматриваются актуальные тенденции в области 3D-технологий и их применение в различных сферах жизни. Приводятся примеры успешного использования данной технологии в медицине, производстве, архитектуре и других отраслях. Описываются основные этапы развития 3D-печати, начиная с первых экспериментов в 80-х годах и заканчивая современными технологиями, используемыми в промышленности и медицине. Показаны перспективы дальнейшего развития 3D-технологий и их влияние на экономику и социальную сферу.

Ключевые слова: технологии 3D – печати, цифровая модель, прототипирование, биопечать, масштабируемость.

Abstract

Current trends in the field of 3D technologies and their application in various spheres of life are considered. Examples of the successful use of this technology in medicine, manufacturing, architecture and other industries are given. The main stages in the development of 3D printing are described, from the first experiments in the 80s to modern technologies used in industry and medicine. The prospects for the further development of 3D technologies and their impact on the economy and social sphere are shown.

Keywords: 3D technologies – printing, digital model, prototyping, bioprinting, scalability.

3D-печать — это процесс, в котором цифровая модель превращается в материальный, твердый, трехмерный объект, обычно путем наложения множества последовательных тонких слоев материала. Мир 3D-печати превратился из нишевой технологии в преобразующую силу в различных отраслях. Поскольку мы стоим на пороге новой эры, интересно исследовать траекторию развития технологий 3D-печати и их потенциал по переосмыслению того, как мы производим, создаем и внедряем инновации. 3D-печать стала популярной так быстро, потому что она становится доступной для большего количества людей. Частично это можно связать с небольшой ценой, а также с компактными размерами принтеров по сравнению с традиционным производством.

Первые документально подтвержденные версии 3D-печати можно отнести к началу 1980-х годов. В 1981 году Хидео Кодама разработал способ быстрого прототипирования, был применен послойный подход к производству, с применением используя светочувствительную смолу, полимеризуемую под действием ультрафиолетового света. Кодама не запатентовал эту технологию, но его считают первым изобретателем этой производственной системы.

Несколько лет спустя была создана машина для быстрого прототипирования, в которой жидкие мономеры превращались в твердые вещества с помощью лазера.

Первый патент в этой области подал Чарльз Халл в 1986 году на стереолитографию (SLA). Халл разработал систему, в которой отверждение светочувствительной смолы слой за слоем создавало 3D-модели. В 1988 году он стал основателем корпорации 3D Systems, которая выпустила первый коммерческий 3D-принтер. На ряду с технологиями SLA развивались технологии селективного лазерного спекания (SLS), на которые в 1988 году Карл Декерд из Техасского университета подал патент. Эта система сплавляла порошки вместо жидкости с помощью лазера. Примерно в то же время Скотт Крамп запатентовал моделирование плавного осаждения (FDM), нить выдавливается напрямую из нагретого сопла. [1].

Эти три технологии 3D-печати легли в основу современных технологий. В 1990-е годы наблюдался значительный рост ранней индустрии 3D-печати: были основаны новые компании и разработаны новые технологии. Первый SLS-принтер стал доступным только в 2006 году.

Технологии 3D-печати продолжают развиваться. Будущее 3D-печати заключается в постоянном расширении доступных для печати материалов. Текущие исследования расширяют границы пластика благодаря разработкам в области биоразлагаемых материалов, металлов, керамики и даже органических соединений. Сейчас широко доступны разнообразные пластмассы и нити. Такие материалы, как углеродное волокно и стекловолокно, также можно напечатать на 3D-принтере. В 2015 году на рынке появились «биочернила» — материал на основе морских водорослей, который можно использовать для печати биологических тканей и, возможно, человеческих органов.

Одним из наиболее перспективных направлений роста является биопечать. Исследователи изучают возможности 3D-печати живых тканей, органов и даже протезов. Эта революционная методика играет главную роль для персонализированной медицины, трансплантации органов и достижений в области регенеративной медицины. Также можно создавать точные медицинские 3D-модели пациентов, которые позволят практиковаться начинающим хирургам, прежде чем провести настоящую операцию. 3D-печатные модели более прочные и лучше подходят для протезов [2].

3D-принтеры помогают создать абсолютно любые предметы, на которые предыдущие методы производства были не способны. 3D-принтеры используют для создания эксклюзивных элементов, деталей интерьера и экстерьера, сложных механизмов [3].

В сфере строительства 3D-печать делает успехи в печати целых зданий и жилых помещений. Эта технология может произвести революцию в строительной отрасли, предлагая экономически эффективные и устойчивые решения для жилищных нужд во всем мире. Некоторые проекты уже продемонстрировали возможность создания структур, напечатанных на 3D-принтере, указывая на будущее, в котором традиционные методы строительства могут быть дополнены или заменены [4].

3D-печать играет ключевую роль в освоении космоса: исследователи изучают возможность печати инструментов, компонентов и даже мест обитания в космосе по требованию. Эта технология уменьшает необходимость транспортировки тяжелых грузов с Земли и открывает новые горизонты для исследований за пределами нашей планеты.

По мере развития технологий скорость и масштабируемость процессов 3D-печати улучшаются. Это означает более быстрое производство и возможность печатать более крупные и сложные объекты. Потенциальное влияние на такие отрасли, как автомобилестроение, аэрокосмическая промышленность и производство, огромно, предлагая оптимизированные производственные процессы и сокращение времени выхода на рынок. Будущее 3D-печати неразрывно связано с устойчивым развитием. Благодаря возможности создавать продукты слой за слоем, 3D-печать сводит к минимуму отходы по сравнению с традиционными методами производства. Кроме того, использование переработанных материалов в 3D-печати способствует экологически безопасным практикам, что соответствует глобальному сдвигу в сторону устойчивых технологий.

Сильные стороны 3D-печати:

- Создание сложных и индивидуальных элементов;
- Уменьшение материальных отходов;
- Развитие локального производства по требованию;
- Повышение скорости и масштабируемости производственных процессов;
- Поддерживает достижения в области здравоохранения посредством биопечати;
- Потенциал для экономически эффективных методов строительства.

Производство 3D-печати — это быстро развивающаяся отрасль с большим потенциалом в будущем. Мы только начали понимать, как 3D-печатные объекты могут сделать нашу жизнь проще, удобнее, безопаснее и здоровее. 3D-печать развивается достаточными темпами, поэтому мы скоро сможем придумать и напечатать на 3D-принтере свой обед, рубашку по индивидуальному заказу или запасные части для ремонта повседневных предметов, не выходя

из собственного дома. Будущее 3D-печати — это холст, который ждет, чтобы его раскрасили инновациями и прогрессом.

1. 3D-принтеры: история и технологии трехмерной печати / Н. В. Кушнир, А. В. Кушнир, А. М. Геращенко, А. Д. Тыртышный // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2015. – № 6. – С. 147-155.
2. 3D-печать в медицине / М. А. Белова, А. О. Васенина, П. Н. Рипанова, А. А. Бабаева // РОСТ - Развитие, Образование, Стратегии, Технологии : сборник материалов I Всероссийской студенческой научной конференции, Чебоксары, 26–27 октября 2017 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 57-62.
3. Жильцова, Е. А. Использование современных технологий 3D-печати в производстве одежды и аксессуаров / Е. А. Жильцова // Молодежный научный форум : сборник статей по материалам XXXI студенческой международной научно-практической конференции, Москва, 14–24 января 2019 года. Том № 1 (31). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Международный центр науки и образования", 2019. – С. 70-74.
4. Кулаков, М. А. Опыт, перспективы и преимущества строительства с помощью 3D-принтера / М. А. Кулаков // Школа молодых ученых по проблемам технических наук : Сборник материалов областного профильного семинара, Липецк, 09 ноября 2018 года. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. – С. 150-155.

Сергеева Е.В., Никифоров И.А., Евдошенко О.Ю.

Моделирование процессов в печи пиролиза

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского
(Россия, Саратов)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-533

Аннотация

Рассмотрена математическая модель процессов, происходящих в печи пиролиза нефти.

Ключевые слова: математическое моделирование, печь пиролиза, модель, компьютерные тренажерные комплексы.

Abstract

A mathematical model of the processes occurring in a naphtha pyrolysis furnace is considered.

Keywords: mathematical modeling, pyrolysis furnace, model, computer training complexes.

Компьютерные тренажерные комплексы представляют собой системы, которые осуществляются через привычный для операторов и диспетчеров SCADA-интерфейс. Они предоставляют возможность осуществить отладку производственных процессов еще до их фактического запуска. Это достигается благодаря проверке и настройке логики управления, а также оптимальному подбору технологических параметров. Виртуальное производство, созданное на основе математического моделирования всех процессов и устройств, полностью отражает все режимы работы и логику управления. Использование компьютерных тренажерных комплексов и виртуального производства позволяет существенно повысить эффективность и результативность производственного процесса.

Пиролиз—это процесс термического разложения углеводородов, состоящий из множества простых реакций. Химические реакции пиролиза условно подразделяются на 2 последовательные стадии. Первая стадия – крекинг парафинов с образованием олефинов, диолефинов. Вторая стадия – вторичные реакции дегидрирования, расщепления и конденсации образовавшихся в ходе первичных реакций олефинов и диолефинов. При этом образуются ненасыщенные циклические и ароматические соединения сложного строения [1].

Одним из главных преимуществ моделирования реакций в печи пиролиза является возможность проведения виртуальных экспериментов, которые позволяют оптимизировать

процесс и предсказать его эффективность без фактической установки и проведения дорогостоящих и времязатратных испытаний. Кроме того, моделирование позволяет изучить влияние различных параметров на процесс пиролиза, таких как температура, композиция сырья и скорость его подачи, что помогает оптимизировать работу печи и достичь максимальной эффективности [2].

Нафта подается в печи пиролиза в жидком состоянии, подогревается в конвекционной секции, смешивается с паром с целью снижения парциального давления, затем перегревается и подается по уравнивающим трубопроводам в радиантную секцию. В радиантных змеевиках радиантной секции осуществляются реакции пиролиза с точной регулировкой температуры.

Для разработки математической модели печи пиролиза необходимо грамотно представить все физические и химические процессы, протекающий в аппарате [3]. Эта задача представляется чрезвычайно сложной, поскольку ограниченный набор веществ допускает ограниченную вариативность комбинирования исходных веществ и предсказания реакций. Это затрудняет представление нетривиальных или сложных реакций, где взаимодействует большое количество различных веществ. Нами при разработке модели была создана схема из 28 реакций, в которых участвует 19 веществ.

Ниже представлены реакции, происходящие в печи пиролиза, которые были использованы для моделирования печи пиролиза.

1. $C_{6.7425484489}H_{14.9553874035} = 2.0532097387C_2H_6 + 1.3180644858C_2H_2$;
2. $C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$;
3. $2C_2H_6 + C_3H_8 = CH_4$;
4. $C_3H_8 = C_2H_4 + CH_4$;
5. $C_2H_6 + C_2H_2 = 2H_2$;
6. $3C_2H_2 = C_6H_6$;
7. $2C_2H_2 = C_4H_4$;
8. $C_2H_2 + C_2H_6 = C_4H_6 + H_2$;
9. $C_2H_2 + C_2H_6 = C_4H_8$;
10. $2C_2H_6 = C_4H_{10} + H_2$;
11. $C_2H_2 + 2C_2H_6 = C_5H_{10} + CH_4$;
12. $C_2H_2 + 2C_2H_6 = C_6H_{14}$;
13. $C_2H_2 + 3C_2H_6 = C_7H_{16} + CH_4$;
14. $5C_2H_6 = C_{8.05}H_{18.15} + 2.025H_2 + 1.95CH_4$;
15. $4C_2H_2 = C_8H_8$;
16. $C_2H_2 + C_2H_6 = C_3H_4 + CH_4$;
17. $2C_2H_6 = C_3H_6 + H_2 + CH_4$;
18. $2C_2H_2 + C_3H_4 = C_7H_8$;
19. $C_3H_8 + C_3H_4 = 3C_2H_4$;
20. $C_3H_8 + C_3H_6 = 3C_2H_4 + H_2$;
21. $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$;
22. $3C_2H_2 + C_2H_6 = C_8H_{10} + H_2$;
23. $3C_2H_2 + C_2H_6 = C_8H_{10} + H_2$;
24. $3C_2H_2 + 3C_2H_6 = C_9H_{12} + 3CH_4$;
25. $4.6442425000C_2H_2 + 2.1006925000C_2H_6 = 0.03157C_9H_{20} + 0.64928C_{11}H_{18} + 0.31914C_{19}H_{30}$;
26. $C_2H_2 + 3H_2 = 2CH_4$;
27. $C_2H_2 + H_2 = C_2H_4$;
28. $2C_2H_6 = C_2H_4 + 2CH_4$.

Скорость протекания и количество образующихся продуктов реакций определяется набором кинетических констант K_{e1} и K_{e2} для каждого уравнения реакции. Для реакций пиролиза константы подобраны таким образом, чтобы при заданном составе исходного сырья при соблюдении всех технологических параметров состав конечных продуктов полностью

соответствовал требуемым значениям. Сравнение состава конечных продуктов пиролиза и разработанной модели печи пиролиза представлено в таблице (таблица 1).

Таблица 1.

Состав продуктов в регламентной и разработанной печи пиролиза.

№	Компонент	Состав продуктов (мол.%)		Отклонение, %
		В печи пиролиза	В разработанной модели	
1	H ₂	7,79	7,82	0,78
2	CO	0,03	0,02	0,11
3	CO ₂	0,01	0,00	0,79
4	H ₂ S	0,00	0,00	0
5	CH ₄	14,86	15,00	0,20
6	C ₂ H ₂	0,36	0,44	1,03
7	C ₂ H ₄	16,77	16,77	0,22
8	C ₂ H ₆	1,80	1,78	0,35
9	C ₃ H ₄	0,31	0,30	0,01
10	C ₃ H ₆	5,54	5,46	0,09
11	C ₃ H ₈	0,16	0,16	0,09
12	C ₄ H ₄	0,04	0,03	0,27
13	C ₄ H ₆	1,47	1,44	0,08
14	C ₄ H ₈	0,97	0,95	0,14
15	C ₄ H ₁₀	0,12	0,11	0,22
16	C ₆ H ₆	1,66	1,69	0,01
17	C ₇ H ₈	0,81	0,82	0,01
18	C ₈ H ₁₀	0,21	0,21	0,05
19	C ₈ H ₈	0,22	0,21	0,11
20	C ₅ H ₁₀	0,97	0,92	0,13
21	C ₆ H ₁₂	0,28	0,27	0,15
22	C ₇ H ₁₄	0,02	0,02	0,14
23	C ₈ H ₁₆	0,06	0,06	0,22
24	C ₉ H ₁₂	0,27	0,27	0,18
25	Oil ₁	0,28	0,29	0,03
26	H ₂ O	44,99	44,96	0,20

Таким образом, разработанная схема процессов в печи пиролиза использовалась нами для создания математической модели аппарата, работающего в составе компьютерного тренажерного комплекса. О корректности работы разработанной модели печи говорит тот факт, что отклонение основных технологических параметров в модели от таковых на реально работающем оборудовании не превышает 1,03 %.

Анализ состава продуктов в разработанной модели печи пиролиза соответствует значениям составов продуктов пиролиза на работающей установке, что свидетельствует о ее пригодности для дальнейшего использования в целях выполнения действий в процессах нормальной эксплуатации, пуска, останова и при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.

1. Математическое моделирование нестационарного процесса пиролиза углеводородов / Ф. А. Самедов, А. Ю. Морозов, Н.А. Самойлов, Т.Р. Просочкина // Нефтехимия. – 2019. – Т. 59, № 2. – С. 143-151.
2. Румянцев П.А., Чакрын В.Р. Использование автоматизированных обучающих систем для повышения эффективности обучения. – Теория и практика общественного развития, 2014, №19. С.217-219.
3. Чернышов М. Н., Долганов И. М. Математическое моделирование процесса пиролиза этан - пропановой фракции // Химия и химическая технология в XXI веке. – 2021. – Т. 2 – С. 103-104.

РАЗДЕЛ XXVI. ТРАНСПОРТ

Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф.

Резервы повышения быстродействия системы охлаждения судового двигателя

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)

doi: 10.18411/trnio-02-2024-534

Аннотация

Проанализировано исследование движения динамических САРТ (систем автоматического регулирования температуры) дизелей при различных начальных условиях при помощи метода фазового пространства. Рассмотрены основные этапы по повышению эффективности и технико-экономических показателей судовых энергетических установок (СЭУ) за счёт оптимальных процессов в системе, режимов работы и влияющих на них факторов.

Ключевые слова: дизель, режим, условия эксплуатации, регулятор, система, воздух, подогрев, оптимизация, машина, температура.

Abstract

The study of the motion of dynamic automatic temperature control systems diesel engines under various initial conditions using the phase space method is analyzed. The main stages of improving the efficiency and technical and economic indicators of marine power plants due to optimal processes in the system, operating modes and factors affecting them are considered.

Keywords: diesel, mode, operating conditions, regulator, system, air, heating, optimization, machine, temperature.

Структурная схема системы автоматического регулирования температуры двигателя может быть оценена двумя показателями: точностью отработки задающего воздействия и быстродействием. Если ошибка установления определяется в основном коэффициентом усиления контура системы и в устойчивой системе ее можно сделать сколь угодно малой величиной, то быстродействие определяется исключительно количеством подводимой энергии управления и структурной схемы. При этом схема обеспечивает изменение подвода этой энергии по мере перемещения регулируемой температуры, например, из одной точки фазового пространства в другую.

Вопросам оптимизации систем по быстродействию посвящен ряд работ отечественных и зарубежных ученых. В этих работах в качестве аппарата исследования используется как метод фазового пространства, развитый А.А. Фельдбаумом, так и специально развитые методы решения неклассических вариационных задач: принцип максимума, метод динамического программирования, принцип оптимальности.

Основным результатом этих работ, а также исследований, проведенных другими авторами, является с математической точки зрения обоснование необходимых и достаточных, а в ряде случаев только необходимых или только достаточных условий, которым должны удовлетворять оптимальные управления для рассматриваемого класса систем. А с технической точки зрения – исследование на конкретных примерах оптимальных режимов, и разработка способов построения простейших оптимальных систем.

Исследование движения динамических САРТ дизелей при различных начальных условиях удобно проводить при помощи метода фазового пространства, т.е. пространства, каждой точке которого соответствует вполне определенное единственное состояние системы. С другой стороны, каждому состоянию системы соответствует единственная точка фазового пространства. Точка, соответствующая состоянию системы в рассматриваемый момент

времени, является изображающей точкой. При изменении состояния системы изображающая точка перемещается в фазовом пространстве; совокупности состояний системы, непрерывно переходящих друг в друга, соответствует в фазовом пространстве фазовая траектория. Если переменных в рассматриваемых уравнениях будет всего две, то изображающая точка будет двигаться не в пространстве, а на плоскости [1, 2, 3].

Получением оптимального алгоритма регулирования завершается лишь первый этап создания оптимальной структуры регулирующего устройства. На втором этапе требуется осуществить техническую реализацию алгоритма.

Во время эксплуатации САРТ дизеля большое значение имеет случай, когда регулируемая температура может принимать три значения, в том числе находиться на номинальном уровне. Область, соответствующую отсутствию регулирующего воздействия, удобно назвать областью свободного движения системы, а ее границы – поверхностью или линией выключения или включения, в зависимости от направления траекторий движения вблизи границы области. Если траектории, расположенные с обеих сторон границы, направлены внутрь области выключения, то соответствующие участки границы образуют линию выключения. Если эти траектории направлены от области выключения, то эта граница является линией включения.

Определение поверхностей или линий переключения, включения и выключения означает определение алгоритма работы регулирующего устройства.

Общие закономерности оптимальных переходных процессов САРТ наиболее полно могут быть исследованы методами динамического программирования и при помощи принципа максимума Понтрягина. К сожалению, до настоящего времени в задачах автоматического управления нет связи между этими теориями и практикой оптимального управления в автоматических системах [4, 5, 6].

Для систем автоматического регулирования температуры судовых дизелей характерно то, что они предназначены для управления в течение продолжительного времени в условиях различных возмущающих воздействий. Эти возмущения могут накладываться друг на друга, т.е. последующее возмущение возникает до того, как закончится реакция системы на предыдущее. Поэтому проектировщик системы регулирования должен создать такое регулирующее устройство, которое обеспечивало бы оптимальное протекание переходных процессов при отличающихся хотя бы по модулю возмущающих воздействиях. Академик Л.С. Понтрягин указывал, что определение сигнала регулирования в зависимости от состояния системы в текущий момент времени является «наиболее желательной формой синтеза оптимального регулирования».

Структурная схема САРТ дизеля (рис. 1) поясняет принцип действия системы. Чувствительный элемент датчика температуры 2 регистрирует температуру в зоне расположения объекта. Задающее устройство 4 в зависимости от режима работы дизеля определяет требуемый закон изменения температуры объекта. Пробка трехходового крана 12 имеет вырез, который при своем вращении с помощью электродвигателя позволяет открывать (закрывать) патрубок 10, закрывать (открывать) патрубок 11 или одновременное открытие (закрытие) патрубков 10, 11.

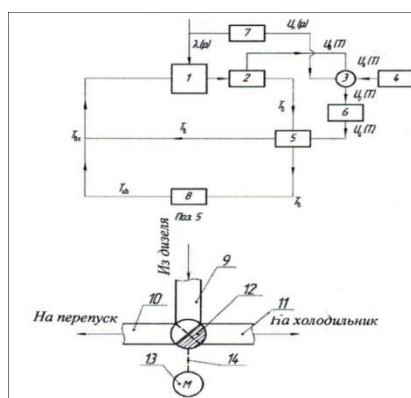


Рисунок 1. Структурная схема системы охлаждения дизельного двигателя: 1 – регулируемый тепловой объект – дизель; 2 – измерительный преобразователь температуры (датчик температуры); 3 – схема сравнения; 4 – задающее устройство; 5 – ТРГ; 6 – блок управления; 7 – датчик нагрузки; 8 – холодильник; 9, 10, 11 – патрубки РО (трехходового крана); 12 – пробка трехходового крана; 13 – электродвигатель; 14 – механическая связь

Температура объекта–дизеля преобразуется с помощью датчика 2 в сигнал $U_d(T)$, который сравнивается в схеме сравнения 3 с сигналами нагрузки $U_n(P)$ и задающего (программного) устройства $U_3(T)$. Сигнал рассогласования, определяющий отклонение температуры объекта от требуемого значения, подается в блок управления 6, преобразуется в мощное воздействие $U_y(T)$, которое управляет ТРГ. ТРГ 5 направляет поток охлаждающей воды на холодильник или на перепуск и регулирующее воздействие $\mu(T)$ от ТРГ подается на объект, изменяя его температуру и уменьшая рассогласование до минимально возможного значения для данной СО дизеля.

Таким образом, в основе рассмотренной системы автоматического регулирования температуры лежит замкнутый контур воздействий, которые являются внутренними воздействиями. На систему охлаждения (СО) оказывают влияние внешние воздействия, к которым относятся: задаваемый регулируемый параметр (требуемая температура объекта в зависимости от нагрузки) $U_n(P)$, возмущающие воздействия $\lambda(P)$ (колебания мощности тепловыделений в объекте; изменение температуры окружающей среды, забортной воды и пр.) и другие второстепенные воздействия.

Для практического осуществления регулирования температуры в соответствии со структурной схемой следует составить принципиальную схему, т.е. выбираем принцип действия каждого из блоков системы (например, термоприемник – хромелькопелевая термопара, блок управления - микропроцессор, ТРГ – электронный с электрическим ИМ, управляющий работой клапанов ТРГ). Однако, независимо от конкретизации отдельных блоков схемы, общий принцип действия и построения структурной схемы замкнутой СО остается неизменным.

Говоря о дизеле как регулируемом объекте, представляем его лишь как некоторое теплообменное устройство. Собственно, объектом является СО дизеля в динамическом отношении эквивалентная аperiodическому звену. Входным сигналом является разность между текущими значениями температуры охлаждающей жидкости, нагрузки и задающим значением температуры, выходным – сигнал регулирования на выходе из блока управления. Приток теплоты в СО может изменяться от минимума до некоторого максимума, соответствующего полному открытию (закрытию) основного клапана на холодильник. Изменение регулирующего воздействия осуществляется при помощи ИМ, скорость которого в обе стороны ограничена. Указанное ограничение является ограничением второго рода. Время разгона и торможения ИМ настолько мало по сравнению с ожидаемыми в системе переходными процессами, что его можно не учитывать, т.е. пренебречь ограниченностью третьей производной регулируемой величины [7, 8, 9].

Выясним, каковы должны быть оптимальные процессы в такой системе. Если задача состоит в наискорейшем закрытии (открытии) патрубков 9, 10 регулирующего органа (РО), то в начале необходимо максимально быстро открывать (закрывать) патрубки 10, 11. Если начальное отклонение температуры от заданного значения велико, то может случиться, что в процессе регулирования патрубков 10 на перепуск окажется полностью открытым (закрытым). В некоторый момент времени, когда температура охлаждающей воды в СО близка к заданной, необходимо начать закрывать (открывать) патрубки 10, 11. Это необходимо для того, чтобы одновременно с приходом температуры СО к заданному значению теплота, передаваемая СО и отводимая от нее были одинаковы. Момент начала закрытия должен быть выбран таким образом, чтобы заданное состояние было достигнуто при максимальной скорости перемещения пробки 12 РО. Если начать закрывать (открывать) патрубок 10 несколько позже, то вследствие ограниченности скорости перемещения ИМ заданная температура будет достигнута раньше, то необходимо будет снизить скорость закрытия – в противном случае баланс теплообмена наступит до того, как температура на выходе из дизеля достигнет заданного значения. Поэтому в течение времени температура СО будет увеличиваться под влиянием меньшего регулирующего воздействия, чем в первом случае, т.е. регулирование будет длиться дольше.

В случае небольшого начального рассогласования между фактическим и заданным значениями температуры СО необходимо начать закрывать (открывать) патрубки 10, 11 раньше, чем температура СО достигнет своего максимального значения.

При построении оптимальных процессов безразлично, из каких узлов состоит заданная часть системы; важна дифференциальная связь между регулируемой температурой и координатой регулирующего воздействия.

1. Тимофеев, В. Н. Температурный режим двигателя внутреннего сгорания и его регулирование / Тимофеев В. Н. – Саарбрюккен: Lambert, 2012. – 352 с.
2. Тимофеев, В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: специальность 05.08.05 "Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимофеев Виталий Никифорович, 2015. – 385 с. – EDN HRDMPK.
3. Двигатели внутреннего сгорания: системы поршневых и комбинированных двигателей / под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
4. Жидкостное охлаждение автомобильных двигателей/ А.М. Кригер, М.Е. Дискин, А.Л. Новенников, В.И. Пикус. М.: Машиностроение, 1985. 176 с., ил.
5. Тихонов, Н. Ф. Устройство генераторной установки и моторное масло для дизельного генератора Yanmar/ Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-2. – С. 115-118. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-70. – EDN UWVEMC.
6. Тихонов, Н. Ф. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 90-93. – EDN IDXUBJ.
7. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 марта 2021 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – EDN JOOBAS.
8. Осипов, О. В. Судовые дизельные двигатели / О. В. Осипов, Б. Н. Воробьев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 356 с.
9. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN MUUXCM.

Тимофеев В.Н., Тихонов Н.Ф.

Совершенствование системы охлаждения судового дизеля

*ФГБОУ ВО «Чувашицкий государственный университет им. И.Н. Ульянова»
(Россия, Чебоксары)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-535

Аннотация

Рассмотрено направление модернизации систем охлаждения дизельных двигателей, входящих в состав судовых энергетических установок.

Представлена схема системы охлаждения судовых дизельных двигателей, описан принцип действия, предложена конструкция основных элементов модернизированных систем.

Рассмотрены основные этапы по повышению эффективности и технико-экономических показателей судовых энергетических установок.

Ключевые слова: система охлаждения, наддув, охлаждающая жидкость, автоматическое регулирование, подогрев, оптимизация, машина, температура.

Abstract

The direction of modernization of cooling systems of diesel engines, which are part of marine power plants, is considered.

The scheme of the marine diesel engine cooling system is presented, the principle of operation is described, and the design of the main elements of the upgraded systems is proposed.

The main stages of improving the efficiency and technical and economic indicators of marine power plants are considered.

Keywords: cooling system, boost, coolant, automatic control, heating, optimization, machine, temperature.

В дизельных установках для сгорания топлива определяющей величиной является поступающая масса воздуха, необходимая для получения заданных параметров крутящего момента, мощности. Кроме того, в последнее время для увеличения эффективности работы дизелей на впуск в цилиндры подается не только воздух, но и отработавшие газы, поэтому свежий заряд состоит наддувочного воздуха и отработавших газов.

Для сгорания топлива необходим кислород, который поступает в цилиндры дизеля в составе воздуха. Важно отметить, что чем больше кислорода находится в камере сгорания при сжатии, тем большее количество топлива может быть впрыснуто при полной нагрузке. Существует непосредственная зависимость между наполнением цилиндра и максимально возможной мощностью дизеля.

Конструкция клапанов и камеры сгорания оказывает большое влияние на наполнение цилиндра. Кроме того, наддув воздуха турбоагнетателем, который приводится в действие отработавшие газы (ОГ), играет основную роль на наполнение цилиндра и находит наиболее широкое применение. Во время сжатия воздух в нагнетателе может нагреваться до 180 °С. Так как горячий, особенно при одинаковых окружающих условиях, имеет меньшую плотность, его дальнейший нагрев негативно сказывается на наполнении цилиндров. Так, каждые 10 °С повышения температуры воздуха приводят к снижению эффективного КПД (η_e) дизелей на 0,5...0,7 % и соответствующему возрастанию удельного расхода топлива.

Установленный за нагнетателем охладитель наддувочного воздуха поможет избежать отрицательного эффекта, поскольку с его помощью наполнение цилиндра улучшается без изменения параметров нагнетателя. Тем самым увеличивается количество кислорода для сгорания, так что могут быть достигнуты более высокий крутящий момент при заданной частоте вращения коленчатого вала [1, 2, 3, 4].

После сгорания небольшое количество ОГ остается в цилиндре дизеля и возвращается туда из системы выпуска и этот эффект получило название "внутренняя рециркуляция ОГ". На ее величину влияют фазы газораспределения. Дополнительное количество ОГ из системы выпуска дизеля может быть возвращено во впускной тракт через контур рециркуляции ОГ. Этот процесс составляет внешнюю рециркуляцию ОГ. Оба процесса рециркуляции являются эффективным способом сокращения NO_x .

Опыт эксплуатации дизелей показывает, что особенно эффективна рециркуляция охлажденных ОГ. В современных дизелях существующие системы "холодной" рециркуляции отличаются большей сложностью и пока не получили применения.

Исходя из этого следует, что процессы воздухообеспечения, газораспределения, рециркуляции отработавших газов и регулирование температуры НВ и ОГ перед цилиндрами играют основную роль в процессе улучшения эффективности работы дизеля. Система наполнения цилиндров имеет задачу предварительно обработать подаваемые НВ и ОГ путем рационального регулирования их температуры и обеспечить хорошее наполнение цилиндров.

Однако существующие охладители наддувочного воздуха, охлаждающие забортной водой в зависимости от района плавания не могут эффективно выполнять поставленные задачи, особенно при плавании судов в южных широтах. Возрастание температуры забортной воды, подаваемой на охладители наддувочного воздуха (ОНВ), приводит к снижению эффективности охлаждения наддувочного воздуха, которое могло бы демпфировать негативное воздействие повышенных температур воздуха на входе ТК. Следствием этого является дополнительное ухудшение показателей экономичности работы дизелей.

Поэтому снижение температуры наддувочного воздуха весьма желательно, поскольку улучшаются условия работы ЦПГ с точки зрения механических и термических напряжений. Степень же снижения температуры наддувочного воздуха всецело определяется температурой забортной воды. При температуре забортной воды, подводимой к холодильнику, $T_b > 25$ °С (в соответствии со стандартом ISO температуры) температура пресной воды, отводимой от холодильника на ОНВ, будет $T_{пв} = 39 - 36$ °С (в зависимости от типа центральной системы охлаждения наддувочного воздуха), а наддувочного воздуха соответственно около $T_n = 45$ °С. В тропических же условиях эксплуатации судна при $T_{зв} = 32$ °С температура наддувочного

воздуха $T_n = 50 \dots 52 \text{ }^\circ\text{C}$, то есть становится близкой предельной величине $T_n = 55 \text{ }^\circ\text{C}$, определяемой термической прочностью материалов цилиндропоршневой группы и во избежание превышения которой приходится уменьшить подачу топлива на главный дизель.

Увеличить отвод теплоты от наддувочного воздуха можно повышением кратности циркуляции охлаждающей воды, но это связано со значительными затратами энергии на привод циркуляционных насосов. Как видно, традиционные системы водяного охлаждения не справляются с повышенными тепловыми нагрузками на ОНВ, что приводит к снижению мощности МОД (уменьшению хода судна) или же к перерасходу энергии на циркуляцию.

Вполне очевидно, что с целью повышения эффективности работы дизелей при высоких наружных температурах может быть использовано машинное охлаждение для регулирования температуры наддувочного воздуха и ОГ, используя при этом энергию ОГ.

В работе предлагается вариант СО наддувочного воздуха и ОГ (рис. 1), которая содержит: утилизационный котел 2, абсорбционную холодильную машину (АБХМ) 6, канал подачи НВ и ОГ 14, а, рециркуляционный канал 13, электрические терморегуляторы 7, 8; охладители наддувочного воздуха (ОНВ) 5 и отработанных газов (ООГ) 4. Хладоноситель, полученный в АБХМ на базе энергии ОГ используется для охлаждения НВ и ОГ и других рабочих систем судового дизеля, а также других потребителей. АБХМ обладает исключительными потребительскими качествами: высокой эффективностью, экологической чистотой, бесшумностью при работе, простотой обслуживания, длительным сроком службы, отсутствием движущихся частей, возможностью работы за счет утилизации теплоты дизеля, экономией топливно – энергетических ресурсов и др.

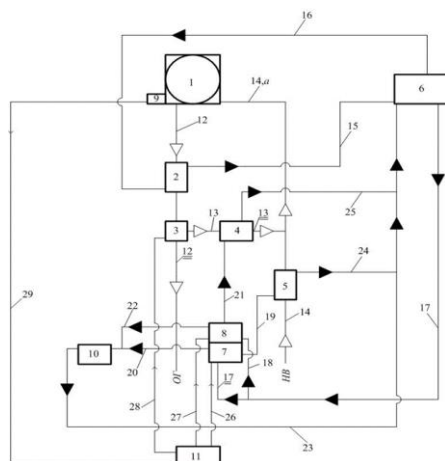


Рисунок 1. Функциональная схема системы охлаждения наддувочного воздуха и ОГ: 1 – дизель; 2 – УК; 3 – распределитель ОГ; 4 – охладитель ОГ; 5 – охладитель НВ; 6 – АБХМ; 7, 8 – электронные ТРГ; 10 – потребитель; 11 – БУ 12 – канал ОГ; 13 – рециркуляционный канал; 14, а – канал газовой смеси; 14 – канал НВ; 15, 16 – каналы теплоносителя системы УК; 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 – каналы хладоносителя; 26, 27, 28 – каналы подачи электроэнергии; 29 – канал подачи электрического сигнала.

В АБХМ доля электроэнергии в общем расходе энергии весьма невысока, электрическая энергия расходуется только на привод насосов, обеспечение функционирования КИП и автоматики.

В настоящее время в качестве рабочих тел практическое распространение получили вода-бромистый литий и аммиак-вода.

К существенным недостаткам водного раствора бромистого лития относятся высокая коррозионная активность по отношению к конструктивным материалам АПТ из углеродистых сталей и высокая стоимость бромистого лития. Коррозионную активность бромистого лития существенно снижают путем введения в раствор ингибиторов-хромата (0,18%) и гидроксида лития (0, 1%), а также с помощью других эффективных ингибиторов коррозии.

В судовых условиях использование водо-аммиачных абсорбционных холодильных машин хоть и имеет место, главным образом на рыбопромысловых судах, но нежелательно из-за токсичности и взрывоопасности аммиака. Даже незначительные утечки этого хладагента оказывают сильное раздражающее действие на дыхательные пути и слизистые оболочки людей. Таким образом, из АБХМ в настоящее время лишь бромистолитиевые могут рассматриваться как перспективные в судовых дизельных установках.

ОНВ 5 установлен на всасывающем канале, который может быть выполнен любой конструкции. В корпусе ОНВ предусмотрены сверления, по которым проходит хладоноситель с температурой 5-10 °С, в результате теплообмена со свежим зарядом – наддувочным воздухом после компрессора, его температура доводится до заданного значения.

ООГ 4 установлен на рециркуляционном канале 13. Аналогично в результате теплообмена ООГ с отработавшими газами, проходящими по рециркуляционному каналу, их температура понижается до заданного значения.

В качестве другого потребителя 10 холода может быть любая рабочая система дизеля 1 или другой объект судна, например, судовой кондиционер.

Система охлаждения наддувочного воздуха и отработавших газов работает следующим образом. После запуска дизеля начинает работать утилизационный котел. Нагретый до 95 °С и более теплоноситель насосом подается в абсорбционную холодильную машину, которая начинает работать, и происходит производство холода.

Охлажденный хладоноситель из АБХМ поступает к электронным терморегуляторам 8, 9, которые производят распределение потока хладоносителя. При этом требуемое количество хладоносителя подается в ОНВ и происходит охлаждение свежего заряда – наддувочного воздуха во всасывающем канале до заданного значения. При работе дизеля на частичных нагрузках охлаждение свежего заряда - наддувочного воздуха прекращается.

Одновременно происходит подача хладоносителя в ООГ и аналогичным образом происходит охлаждение отработавших газов по заданной программе.

Другая часть хладоносителя поступает в потребитель холода для выполнения своего задания. После него хладоноситель по каналам возвращается в АБХМ.

Система охлаждения наддувочного воздуха и ОГ судового дизеля, подаваемых на впуск в цилиндры дизеля, позволяет охлаждать ОГ и свежий заряд - наддувочный воздух с помощью АБХМ в результате утилизации теплоты ОГ дизеля. Охлаждение ОГ позволит увеличить длительность задержки воспламенения, уменьшить скорость тепловыделения и значительно снизить выброс эмиссии NO_x .

Эффективным охлаждением наддувочного воздуха и ОГ решается не только проблема увеличения количества воздуха, поступающего в цилиндры, но и проблема снижения температур рабочего цикла и тепловых нагрузок дизеля при форсировании его по наддуву [5, 6, 7, 8].

1. Тимофеев, В. Н. Методы и средства автоматического регулирования теплового состояния судовых ДВС: специальность 05.08.05 "Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимофеев Виталий Никифорович, 2015. – 385 с. – EDN HRDMPK.
2. Зубарев, Ю. Я. Автоматизация процессов управления в судостроении / Ю.Я. Зубарев. - М.: Судостроение, 2019. – 264 с.
3. Тихонов, Н. Ф. Устройство генераторной установки и моторное масло для дизельного генератора Yanmar/ Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-2. – С. 115-118. – DOI 10.18411/trnio-01-2022-70. – EDN UWVEMC.
4. Шумихина, Е. Г. Режимы охлаждения судовых двигателей внутреннего сгорания / Е. Г. Шумихина // НАУЧНЫЕ ТЕОРИИ и РАЗРАБОТКИ в УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕН: ПРЕДЕЛЫ и ВОЗМОЖНОСТИ: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Рязань, 28 июля 2023 года. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Концепция", 2023. – С. 249-251. – EDN AQRMM.
5. Тихонов, Н. Ф. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Напразвитие», 2020. – С. 90-93. – EDN IDXUBJ.
6. Равин, А. А. Автоматизация судовых энергетических установок: учебное пособие для вузов / А. А. Равин, М. А. Максимова, О. И. Иванчик. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-8459-1.
7. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 марта 2021 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – EDN JOOBAS.
8. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN MUXXCM.

РАЗДЕЛ XXVII. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цой Ю.И., Блинов А.К.

К вопросу о непрозрачной защитно-декоративной отделке интерьерных декоративных элементов из древесины

*Санкт-Петербургская Государственная художественно-промышленная Академия имени А.Л. Штиглица
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-536

Аннотация

Несмотря на широкий спектр современных материалов, которыми выполняется интерьер помещения, древесина остается до сих пор одной из самых востребованных. Её популярность объясняется, в том числе, и модой на интерьеры в экостиле. Экологическая чистота и безопасность являются основными причинами выбора древесины в интерьере, производстве мебели или декоре. К ее достоинствам относится также и то, что она дает большие возможности в работе дизайнерам создавать различные оригинальные интерьеры. Как положительное качество можно отметить и возможность лакировать её любым цветным или прозрачным лакокрасочным материалом на свой вкус. Авторами были проведены исследования физико-механических свойств акриловой эмали для отделки ею элементов декора из древесины сосны и березы методом окунания. Как показал анализ результатов исследований по адгезионной прочности лакокрасочного покрытия, наилучшие характеристики по адгезии были достигнуты при расходе акриловой эмали 200-300 г/м² для обеих пород древесины. Качество адгезионного покрытия оценивалось в 1-2 балла. Установлены оптимальные значения параметров режима нанесения эмали на декоративные элементы из древесины методом окунания и сушки, обеспечивающие качество защитно-декоративной отделки, отвечающее нормативным требованиям.

Ключевые слова: экологическая чистота древесины, качество адгезионного покрытия, отделка древесины окунанием.

Abstract

Despite the wide range of modern materials used to make the interior of the room, wood is still one of the most in demand. Its popularity is explained, among other things, by the fashion for interiors in eco-style. Environmental cleanliness and safety are the main reasons for choosing wood in the interior, furniture production or decor. Its advantages also include the fact that it provides great opportunities for designers to create various original interiors. As a positive quality, it can also be noted that it can be varnished with any colored or transparent paint material to your taste. The authors conducted studies of the physical and mechanical properties of acrylic enamel for finishing decorative elements made of pine and birch wood by dipping. As shown by the analysis of the results of studies on the adhesive strength of the paintwork, the best adhesion characteristics were achieved at the expense of acrylic enamel 200-300 g/m² for both types of wood. The quality of the adhesive coating was estimated at 1-2 points. The optimal values of the parameters of the mode of applying enamel to decorative elements made of wood by dipping and drying have been established, ensuring the quality of protective and decorative finishing that meets regulatory requirements.

Keywords: the ecological purity of the wood, the quality of the adhesive coating, the finishing of the wood by dipping.

Элементы декора различных изделий из лакированной или окрашенной эмалью или краской древесины широко используются при разработке интерьера помещений что связано, в

том числе, и с тем, что у древесины множество достоинств, как технологических, эксплуатационных, так и декоративных.

Несмотря на обилие современных материалов, которыми выполняется интерьер помещения, древесина остается до сих пор одной из самых востребованных. Декоративные элементы из древесины используют для отделки потолков, стен, полов, мебели, окон, дверей, арок, лестниц и т.д. Для древесины характерны такие достоинства, как: эстетичный внешний вид, интерьеры смотрятся стильно и красиво.

Для стен, чаще всего, применяют блок-хаусы и декоративные панели. Они отличаются различной структурой, хорошими тепло-, звукоизоляционными и декоративными характеристиками. Панели изготавливают из ценных пород древесины, имеющих красивый цвет и текстуру. В стилях прованс или кантри, например, отлично выглядят напольная доска из дуба или ясеня. В интерьере может применяться древесина различного способа обработки.

В стилях ар-деко, прованс или в деревенском применяют искусственно состаренную древесину, в классических интерьерах материал просто отделывают лакокрасочным материалом. Выбеленная древесина наполняет помещение воздухом и светом. Она помогает создавать интерьеры в средиземноморском стиле. В классическом дизайне актуальны предметы интерьера из дорогих пород естественного цвета. В барокко предусматриваются резные и позолоченные детали. В хай-тек или современном направлении используют окрашенные предметы интерьера. Экологическая чистота и безопасность часто являются основными причинами выбора древесины в интерьере, мебели или декоре. К ее достоинствам относят также и то, что она дает большой простор для фантазии дизайнеров. Среди плюсов также можно отметить возможность отделать материал любым цветным или прозрачным лакокрасочным материалом на свой вкус.

Лакирование или окрашивание эмалями или красками декоративных деревянных панелей считается универсальным приемом, который можно использовать в различных направлениях. Защитно-декоративная отделка различных элементов из дерева будет всегда актуальна и модно смотреться в различных стилях.

В связи с вышесказанным, авторами были проведены исследования физических свойств акриловой эмали для отделки ею элементов декора из древесины сосны и березы методом окунания. Был выбран этот метод отделки, так как поверхность многих декоративных элементов из древесины может быть украшена резьбовой работой. Метод окунания в данном случае является самым эффективным и технологичным, так как позволяет лакировать любые поверхности с минимальными потерями и механизировать процесс. Была исследована эмаль акриловая АЗ универсальная. Она не имеет запаха, легко колеруется в любой цвет, экологически безопасна, устойчива к пожелтению, действию воды, атмосферных осадков и моющих средств, быстро высыхает, после высыхания образует шелковистую глянцевую поверхность и не образует подтеков, обладает высокой степенью белизны, укрывистостью и адгезией, образует долговечное покрытие с высокими защитными свойствами, эластична и не растрескивается.

В результате проведенных исследований были определены физические свойства эмали и оптимальные параметры режима отделки её окунанием и сушки, а также прочностные показатели защитно-декоративного покрытия методом надреза.

Смачивающую способность эмали определяли расчетным путем через тангенс краевого угла смачивания ($\tan \theta$), вычисляемого по формуле:

$$\tan \theta = \frac{4dh}{d^2 - 4h^2}, \quad (1)$$

где θ – краевой угол смачивания, d – диаметр капли, усл.ед.; h – высота капли, усл.ед.
Результаты исследований представлены в табл.1,2.

Таблица 1.

Результаты определения смачиваемости древесины березы.

Контрольный образец (древесина березы)	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания ,град., $\Theta=72,0$	Тангенс краевого угла смачивания $\tan \theta=3,078$
Расход эмали 100 г/м ²	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания ,град., $\Theta=60$	Тангенс краевого угла смачивания $\tan \theta=1,732$
Расход эмали 200 г/м ²	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания ,град., $\Theta=45$	Тангенс краевого угла смачивания $\tan \theta=1,000$
Расход эмали 300 г/м ²	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания ,град., $\Theta=50$	Тангенс краевого угла смачивания $\tan \theta=1,192$

Таблица 2.

Результаты определения смачиваемости древесины сосны.

Контрольный образец (древесина сосны)	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания, град., $\Theta=78$	Тангенс краевого угла смачивания, $\tan \theta$ $=4,705$
Расход эмали 100 г/м ²	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания, град., $\Theta=66$	Тангенс краевого угла смачивания, $\tan \theta =2,246$
Расход эмали 200 г/м ²	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания, град., $\Theta=48$	Тангенс краевого угла смачивания , $\tan \theta = 1,111$
Расход эмали 300 г/м ²	Шероховатость поверхности древесины $R_m = 20$ мкм	Краевой угол смачивания, град., $\Theta=51$	Тангенс краевого угла смачивания, $\tan \theta = 1,376$

Авторы при определении адгезионной характеристики покрытия руководствовались стандартной методикой определения адгезии, регламентированной ГОСТ 15140-78 (метод решетчатых надрезов).

Как показал анализ результатов исследований по смачиваемости обеих пород древесины водной акриловой эмалью, древесина сосны обладает худшей смачиваемостью, чем древесина березы, что можно объяснить наличием смолистых веществ у сосны, что придает ей большую гидрофобность. С увеличением количества наносимой эмали на поверхность древесины наблюдается значимое уменьшение угла смачивания на первом этапе (поверхность древесины чистая и поверхность древесины после нанесения эмали 100 г/м²), а на втором этапе (расход эмали 200 г/м² с расходом эмали 300 г/м²) эта разница незначительная, что можно объяснить тем, что поверхностная энергия древесины на втором этапе в обоих случаях примерно одинаковая, что и выражается в одинаковой смачиваемости древесины как при расходе эмали 200 г/м², так и при расходе эмали 300 г/м² и по адгезионной прочности лакокрасочного

покрытия наилучшие значения были получены при расходе акриловой эмали 200-300 г/м² для обеих пород древесины и оценивались в 1-2 балла методом решетчатого надреза. На завершающем этапе работы были определены оптимальные параметры режима нанесения эмали на декоративные элементы из древесины методом окунания, обеспечивающие качество защитно-декоративной отделки, отвечающее нормативным требованиям.

Лакирование акриловой эмалью декоративной планки методом окунания выполняли на специальной установке, а сушку лакированного изделия в сушильных камерах.

Режим лакирования детали акриловой эмалью :- скорость подачи детали- 0,007 м/с, время выдержки детали в ванне не более 30 с., число окунаний-2 Сушку отлакированного образца выполняли при температуре воздуха 35-40°С, продолжительность сушки после каждого лакирования -40-50 мин.

Заключение

В заключении можно отметить, что проведенные исследования представляют интерес для специалистов, занимающихся отделкой различных декоративных изделий древесины, используемых в интерьерах помещений, мебели.

1. Прудников П.Г. и др. Справочник по отделке мебели.-К.:Техника,1982.-255 с.
2. Брок Т,Гротеклаус М.,Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям.- М.:ООО» Пэйнт Медиа» ,2004.-548с .

Цой Ю.И., Блинов А.К.

Лессирующая отделка декоративных элементов из древесины цветными лакокрасочными материалами

*Санкт-Петербургская Государственная художественно-промышленная Академия имени А.Л. Штиглица
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-537

Аннотация

Использование для лессирующей защитно-декоративной отделки декора из древесины различного цвета лакокрасочных материалов, их сочетаний позволяет существенно разнообразить интерьер.

В связи с отсутствием данных по физико-механическим свойствам защитно-декоративных покрытий, получаемых на основе подобных лакокрасочных материалов, авторами были проведены исследования физико-механических и технологических свойств водоразбавляемых акриловых лаков, модифицированных колеровочными пастами со спецэффектами для отделки декоративных элементов из древесины березы и дуба.

Проведенные исследования показали, что оптимальный расход цветного лака при отделке различных декоров из древесины дуба и березы, составляет 200-300 г/м², который обеспечивает достижение максимальной работы адгезии порядка 90-95 мДж/м² и необходимой насыщенности цветового тона поверхности, что вполне отвечает нормативным требованиям.

Ключевые слова: колеровочные составы, цветной лак, лессирующее покрытие, насыщенность цветового тона, декоративный элемент мебели.

Abstract

The use of paint and varnish materials and their combinations for the lapping protective and decorative decoration of wood decor of various colors allows you to significantly diversify the interior.

Due to the lack of data on the physical and mechanical properties of protective and decorative coatings obtained on the basis of such paints and varnishes, the authors conducted studies of the physical, mechanical and technological properties of waterborne acrylic lacquers modified with tinting pastes with special effects for finishing decorative elements made of birch and oak wood.

The conducted studies have shown that the optimal consumption of colored varnish for finishing various decors made of oak and birch wood is 200-300 g / m², which ensures maximum adhesion performance of about 90-95 MJ/m² and the necessary saturation of the color tone of the surface, which fully meets regulatory requirements.

Keywords: tinting compositions, colored varnish, laminating coating, saturation of color tone, decorative element of furniture.

Использование различных элементов декора из древесины, отделанной цветными лакокрасочными составами, обладающих различными спецэффектами, позволяет разнообразить интерьер помещения, мебели. Как известно, в однотонных интерьерах, выполненных в духе минимализма, главным принципом является обеспечение большого количества света, значительная роль отводится проектированию пространства, декоративные элементы из древесины используются минимально или вообще отсутствуют, в интерьере используются только самые необходимые вещи.

Некоторые производители выпускают сразу серии лакокрасочных материалов, специально подобранных по цветам дизайнерами. Среди них можно отметить лак-лазурь с повышенным блеском для декоративной отделки элементов декора древесины на основе модифицированных алкидных смол и светостойких пигментов, а также для обработки стеновых панелей, дверей, плинтусов, оконных рам. Лазурь не образует подтеков. Защитно-декоративный состав Sniezka Lakierobejca Extra не только защищает древесину от воздействия атмосферных факторов и УФ-лучей, влажности и воды, но и формирует на декорируемой поверхности прозрачные лакокрасочные покрытия с высокими декоративными свойствами, сохраняя естественную фактуру древесины.

Такой состав рекомендуют использовать для декоративно-защитного окрашивания различных изделий из древесины и древесных материалов: для отделки настенных панелей, декоративных реек, мебели, элементов малой садовой архитектуры (беседок, альтан, заборов, лавок и т.п.). Состав Lakierobejca Extra производителя Sniezka придает древесине привлекательный вид, в комплекте с бесцветным препаратом Drewkorn Extra обеспечивает полную защиту древесины.

Интересное защитно-декоративное покрытие формируется при использовании состава, содержащего Teflon surface protector. Состав хорошо пропитывает, защищает и украшает древесину, придавая ей декоративный и привлекательный внешний вид. Эффективно защищает от действия ультрафиолетовых лучей, покрытие устойчиво к атмосферным воздействиям, формирует на декорируемой поверхности прозрачное и эластичное покрытие с сатиновым блеском, сохраняя при этом естественную текстуру дерева. Содержащийся в лазури Teflon® surface protector компонент обеспечивает высокую поверхностную прочность и предохраняет ее от вымывания защитных веществ, благодаря этому окрашенная поверхность обладает высокими гидрофобными свойствами. Рекомендуется для отделки стеновых панелей, бордюров, мебели, беседок.

В связи с отсутствием данных по физико-механическим и технологическим свойствам лака и защитно-декоративных покрытий, получаемых на основе подобных лакокрасочных материалов, авторами были проведены исследования водоразбавляемых акриловых лаков, модифицированных колеровочными пастами со спецэффектами для отделки декоративных элементов из древесины твердolistvenных пород.

В качестве такого модификатора использовали пасту колеровочную концентрированную для водоразбавляемых ЛКМ VGT лимонного цвета.

Высококонтрированная колеровочная паста рекомендуется для колерования всех водоразбавляемых лакокрасочных материалов: дисперсионных, известковых, клеевых и латексных красок, полимерных штукатурок, в том числе венецианской, предназначена для ручной и автоматической колеровки, имеет высокую светостойкость.

Авторами была проведена количественная оценка адгезионного взаимодействия (работа адгезии) при нанесении цветного ЛКМ на древесину дуба и березы, широко применяемых в производстве декоративных элементов. Для отделки были составлены 3 рецептуры лака, отличающиеся друг от друга вязкостью ЛКМ и количеством вводимой колеровочной пасты.

Защитно-декоративное покрытие древесины, как известно, формируется в результате физико-химического взаимодействия молекул лакокрасочного материала с молекулами древесины с образованием адгезионных сил различной природы. За критерий оценки

адгезионного взаимодействия обычно принимают работу адгезии (W_a), определяемую по формуле:

$$W_a = 1/b + \sigma_{кр} + 1/4 b \sigma_{кр}^2, \text{ мДж/м}^2, (1)$$

где $\sigma_{кр}$ – критическое поверхностное натяжение смачивания, мДж/м²; b- тангенс угла наклона кривой к оси абсцисс .

Результаты этих исследований представлены в табл.1,2 и на рис.1,2.

Таблица 1

Адгезионные характеристики модифицированного декоративного лака.

Контрольный образец древесина чистая	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=69,8 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=80 \text{ мДж/м}^2$
Лакированная древесина (расход цветного лака 100г/м ² , содерж. колера 2%, 5%, 10%)	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=54,0 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=89 \text{ мДж/м}^2$
Лакированная древесина (расход цветного лака 200г/м ² , содерж. колера 2%, 5%, 10%)	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=51,3 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=95 \text{ мДж/м}^2$
Лакированная древесина (расход цветного лака 300 г/м ² , содерж. колера 2%, 5%, 10%)	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=52,5 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=93,5 \text{ мДж/м}^2$

Таблица 2

Адгезионные характеристики модифицированного декоративного лака (подложка береза).

Контрольный образец древесина чистая	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=61,8 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=80 \text{ мДж/м}^2$
Лакированная древесина (расход цветного лака 100 г/м ² , содерж. колера 2%, 5%, 10%)	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=56,8 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=87 \text{ мДж/м}^2$
Лакированная древесина (расход цветного лака 200г/м ² , содерж. колера 2%, 5%, 10%)	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=52,3 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=91 \text{ мДж/м}^2$
Лакированная древесина (расход цветного лака 300 г/м ² , содерж. колера 2%, 5%, 10%)	Критическое поверхностное натяжение, $\sigma_{кр}=51,0 \text{ мДж/м}^2$	Работа адгезии, $W_a=93 \text{ мДж/м}^2$

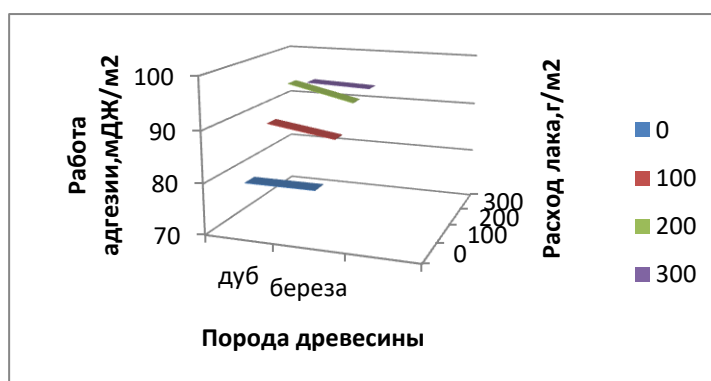


Рисунок 1. Изменение работы адгезии при различном расходе цветного ЛКМ

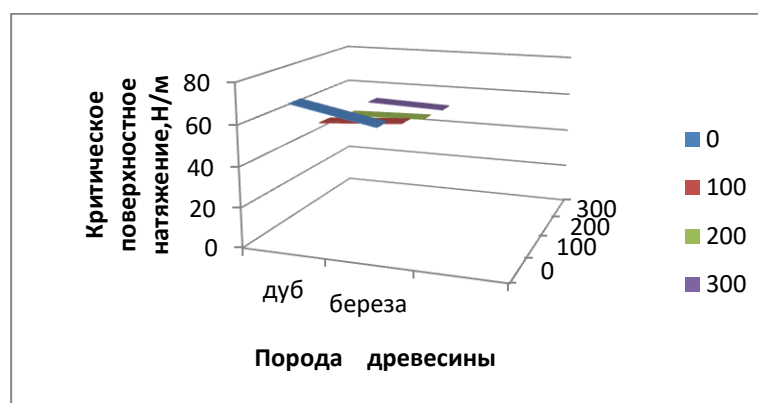


Рисунок 2. Изменение критического поверхностного натяжения при различном расходе цветного ЛКМ

Как показал анализ результатов проведенных экспериментов, значение поверхностной энергии исследуемых пород древесины изменяется незначительно друг от друга при различном количестве наносимого лакокрасочного материала на поверхность субстрата. Это можно объяснить тем, что для возникновения и протекания физико-химических процессов, связанных с определением критического поверхностного натяжения субстрата (поверхностной энергии) достаточно нанесения на поверхность древесины 100 г/м² изучаемого лака. Количественное же значение работы адгезии (адгезионная прочность лакокрасочного покрытия, W_a) напрямую зависит от количества точек контакта между реакционноспособными молекулами древесины и лака, и поэтому оно пропорционально увеличивается с повышением расхода лака до 200-300 г/м² и составляет $W_a=90-93$ мДж/м². Поэтому оптимальный расход цветного лака при условии достижения необходимой адгезионной прочности покрытия и соответствующей насыщенности его цветового тона составляет 200-300 г/м².

Заключение

Таким образом, установленные параметры получения лессирующего защитно-декоративного покрытия при отделке различных элементов декора из твердолиственной древесины цветными лакокрасочными материалами могут быть полезны специалистам, занимающихся разработкой интерьеров как общественных, так и жилых помещений.

1. Брок Т., Гротеклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. - М.: ООО «Пэйнт Медиа», 2004. - 548 с.
2. Ветошкин Ю.И., Газеев М.В., Цой Ю.И. Специальные виды отделки. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. - 129 с.

Черданцева Е.В.

Материалы к изучению заказника «Касмалинский»

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина
(Россия, Бийск)*

doi: 10.18411/trnio-02-2024-538

Аннотация

Касмалинский заказник располагается в Ребрихинском районе на Приобском плато. Один из главных водных объектов заказника – река Касмала, несущая свои воды в Обь. Растительность заказника представлена вариациями сосновых и берёзовых лесов. Фауна заказника в целом передает видовое разнообразие животных структуре ленточных боров. На территории заказника находятся редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды такие, как большой подорлик и орлан-белохвост, могильник, филин и чёрный аист.

Ключевые слова: Касмалинский заказник, флора, фауна, большой подорлик, орлан-белохвост.

Abstract

The Kasmalinsky reserve is located in the Rebrikha district on the Priobsky plateau. One of the main water bodies of the reserve is the Kasmala River, which carries its waters to the Ob. The vegetation of the reserve is represented by variations of pine and birch forests. The fauna of the reserve as a whole transmits the species diversity of animals to the structure of the ribbon pine forests. On the territory of the reserve there are rare and endangered species such as the greater spotted eagle and the white-tailed eagle, the imperial eagle, the eagle owl and the black stork.

Keywords. Kasmalinsky reserve, flora, fauna, greater spotted eagle, white-tailed eagle.

Касмалинский заказник является уникальным природным уголком, находящимся в Ребрихинском районе на Приобском плато. Раскинувшись в границах Касмалинского ленточного бора и охватывая просторы южной лесостепи в области реки Касмалы, данный заказник был специально создан для поддержки и сохранения природного состояния аazonального ленточного бора в условиях климата южной лесостепи. Он также является хорошим адаптивным средством для европейских бобров и обеспечивает сохранение биотопов различных скоплений животных, включая боровые, водные и болотные места обитания. Более того, заказник играет важную роль в регулировании природного баланса в регионе. [2, 4].

Территориально заказник занимает 18 тыс. га. Вследствие эоловых процессов рельеф принял грядово-бугристый и ложбинно-грядовый характер с водоёмами в более низких местах. Абсолютная высота территории – 200–220 м. Климат умеренно засушливый. Годовое количество осадков доходит до 400 мм, средняя температура в зимний период составляет минус 17°C [2].

Один из главных водных объектов заказника – река Касмала, несущая свои воды в Обь. Река проходит через обширный равнинный водосборный бассейн, в который входят различные притоки. В границах заказника на протяжении своего течения река Касмала встречает 5 притоков: Барсучиха, Боровлянка, Трубачиха, Верхняя Речка и Плещиха. Эти притоки обогащают реку, увеличивая ее водный поток и создавая богатую экосистему вокруг. Вместе они образуют составную часть важной гидрологической системы области, обеспечивая водоснабжение и поддерживая биологическое разнообразие в заказнике. Река Касмала является ключевым элементом природного ландшафта заказника и обладает большим экологическим значением. [2, 4].

Сосновые боры, расположенные на дерново-подзолистых почвах, преобладают в данной местности. Под могучими соснами формируются два типа почв: дерново-слабоподзолистые песчаные и дерново-слабоподзолистые оглеенные почвы. Эти типы почв отличаются характеристиками и содержанием элементов. Песчаные почвы имеют более проницаемую структуру, что позволяет воде и воздуху свободно проникать в почвенный слой. Оглеенные почвы, в свою очередь, обогащены гумусом, который придает им темную окраску и повышает плодородие. Кроме того, на пониженных участках формируются специфические почвы – торфяно-глеевые незасоленные почвы. Эти почвы образуются под воздействием преобладающего уровня влажности и высокого содержания гумуса в почвенном грунте. Торфяно-глеевые почвы обладают высокой водоудерживающей способностью и являются благоприятной средой для развития различных видов растений. [2].

Растительность заказника представлена вариациями сосновых и берёзовых лесов, также наблюдаются и берёзово-осиновые леса с элементами заболоченности [1, 3]. Для участков, возвышающихся над окружающим рельефом, характерны сухие лишайниковые и моховые сосновые леса. Кустарниковый ярус — неплотный, он сформирован караганой древовидной и шиповником майским. Ярус трав включает веронику седую, кошачью лапку двудомную, зимолобку зонтичную, золотарник обыкновенный, ирис русский, землянику, фиалку скальную, клевер люпиновидный, гнездоцветку кlobучковую. На перелесье фитоценоз пополняют ковыль перистый, тонконог сизый (, овсяница полесская.

В целом флора охраняемой территории включает 300 видов. Редкими являются: гнездоцветка кlobучковая, башмачок настоящий, ковыль перистый, липарис Лезеля, ятрышник шлемоносный, ладьян трехраздельный, вахта трехлистная, щитовник мужской [1, 4].

Фауна заказника в целом передает видовое разнообразие животных структуре ленточных боров. Характерной особенностью является обилие животного мира, свойственного малым водотокам, в частности сформированной речной сетью р. Касмала и ее притоков [2]. Отряд копытных здесь представлен лосем и сибирской косулей. Рассредоточены по всей

территории обыкновенная белка (телеутка) и заяц-беляк. В подлеске, преимущественно на территории прибрежных кустарников, обитает азиатский бурундук. В малой численности присутствует заяц-русак. Обыкновенны семейство куньих: барсук, колонок, горноста; эпизодически – ласка и степной хорек; по берегам рек довольно типична американская норка. На плёсах реки, заросших травой, пребывает малочисленная здесь ондатра. Типичен обыкновенный бобр, обычна лисица, регистрируются визиты волка, несистематически – рыси, изредка – корсака. Фауна мелких млекопитающих – грызунов и насекомоядных, как и рукокрылых – не изучена.

Орнитофауна заказника представлена примерно 110 видами, из них порядка половины – представители отряда воробьинообразных. Основная масса птиц – перелётные, беспрерывно пребывают на охраняемой территории около 15 видов [5].

Повсеместно проживает чёрный коршун и обыкновенный канюк; обычны перепелятник и тетеревиный; такие птицы как болотный лунь, болотная сова, обыкновенный осоед и чеглок стремятся к открытым лесным и береговым участкам; в лесных биотопах обитает длиннохвостая неясыть; по лиственным лесам и прилесью – сплюшка.

Фауна пресмыкающихся немногочисленна, встречаются лягушка, серая жаба, прыткая ящерица [2]. В состав фауны рыб заказника входит сибирская плотва, окунь, золотой и серебряный караси, линь, щука.

Значимость заказника в сохранении биоразнообразия ленточных боров обусловлена не только его уникальным географическим положением, но и распространением характерных комплексов животных, которые населяют не только лесные массивы, но и прилегающие водосборы малых рек. Это обеспечивает определенную симбиозную связь между различными экосистемами, способствуя сохранению биологического разнообразия в регионе.

Но особый интерес представляют редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды, которые обитают и гнездятся именно в заказнике. Среди них следует выделить большого подорлика и орлана-белохвоста, представители редких и уязвимых популяций хищных птиц. Заказник является идеальным местом для гнездования таких видов, благодаря благоприятной среде и наличию достаточного количества пищи.

Кроме того, здесь можно обнаружить возможности гнездования таких уникальных птиц, как могильник, филин и чёрный аист. Эти виды также находятся под угрозой исчезновения и требуют особого внимания в плане сохранения их популяций.

Все указанные факторы подтверждают важность заказника в плане сохранения биоразнообразия и редких видов, а также служат основой для проведения дальнейших исследований и разработки мер по защите и увеличению численности таких видов.

Таким образом, заказник не только выполняет свою основную функцию - сохранение природы, но также является уникальным объектом научных исследований, которые способствуют продвижению и развитию науки в области экологии и охраны природы [3, 4, 5].

На территории заказника запрещается любая хозяйственная деятельность, разработка и распашка земель дополнительно к существующим площадям; выпас скота в пределах водоохраных зон; самовольное проведение ирригационных и гидромелиоративных работ; устройство дамб, плотин, прудов и других гидротехнических сооружений. Допускается сбор ягод и грибов местным населением для личных нужд, возможен организованный экотуризм.

1. Елесова, Н.В. Растительный покров природного заказника "Касмалинский" (Алтайский край) / Н.В. Елесова, Н.В. Овчарова // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2016. – № 15. – С. 52–56
2. Красная книга Алтайского края. Особо охраняемые природные территории. – Барнаул. – 2009. – 284 с.
3. Силантьева, М.М. Материалы комплексного экологического обследования участков территории государственного природного комплексного заказника «Касмалинский», обосновывающие проведение функционального зонирования / М.М. Силантьева, Н.Ю. Сперанская. – Барнаул. – 2016.
4. Федкевич, Е.П. Влияние выборочных рубок на состояние популяций охраняемых видов растений в государственном природном заказнике "Касмалинский" / Е.П. Федкевич // Перспективы развития и проблемы современной ботаники: Материалы IV (VI) Всероссийской молодежной конференции с участием иностранных учёных, Новосибирск, 08–12 октября 2018 года / Отв. редактор А.П. Беланова. – Новосибирск: Академизд, 2018. – С. 231–234.
5. Черемисин, А.А. Территориальная оценка заказников Алтайского края в целях организации орнитологических туров / А.А. Черемисин, С.В. Вазов, В.М. Вазов // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 4. – С. 176–181.



LJournal

Научно-издательский центр

Рецензируемый научный журнал

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
№106, Февраль 2024**

Часть 9

Подписано в печать 25.02.2024. Тираж 400 экз.
Формат.60x841/16. Объем уч.-изд. л.14,27
Отпечатано в типографии Научный центр «LJournal»
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович