

№ 7 (121) ▪ 2022

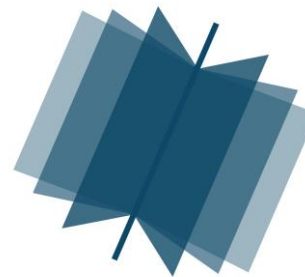
Часть 1 ▪ Июль

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

ISSN 2227-6017 ONLINE

Екатеринбург
2022



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес издателя и редакции: 620137, г. Екатеринбург, ул.
Академическая, д. 11, корп. А, оф. 4.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org
16+

**№ 7 (121) 2022
Часть 1
Июль**

Дата выхода 18.07.2022
Цена: бесплатно.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких-либо ограничений. Тип лицензии CC, поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Актуальная информация об индексации журнала в библиографических базах данных <https://research-journal.org/indexing/>.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ЭЛ № ФС 77 – 80772**.

Члены редколлегии:

Филологические науки:

Растягаев А.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Штрекер Н.Ю. к. филол. н., Калужский Государственный Университет имени К.Э. Циолковского (Калуга, Россия);
Вербицкая О.М. к. филол. н., Иркутский Государственный Университет (Иркутск, Россия).

Технические науки:

Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижний Новгород, Россия);
Герасимова Л.Г. д-р техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Апатиты, Россия);
Курасов В.С. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Оськин С.В. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия).

Педагогические науки:

Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);
Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);
Лукиянова М.И. д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);
Ходакова Н.П. д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

Психологические науки:

Розенова М.И. д-р психол. наук, проф., Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия);
Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);
Каменская В.Г. д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

Физико-математические науки:

Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);
Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Государственный Научный Центр ЦНИИчермет им. И.П. Бардина (Москва, Россия);
Свиштунов Ю.А. д-р физ.-мат. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Географические науки:

Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к. техн. наук проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);
Брылеев В.А. д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);
Огуреева Г.Н. д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

Биологические науки:

Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского (Саратов, Россия);
Еськов Е.К. д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);
Ларионов М.В., д-р биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия).

Архитектура:

Янковская Ю.С. д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Ветеринарные науки:

Алиев А.С. д-р ветеринар. наук, проф., Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия);
Татарникова Н.А. д-р ветеринар. наук, проф., Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, Россия).

Медицинские науки:

Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

Исторические науки:

Меерович М.Г. д-р ист. наук, к. архитектуры, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия);
Бакулин В.И. д-р ист. наук, проф., Вятский государственный университет (Киров, Россия);
Бердинских В.А. д-р ист. наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Россия);
Лёвочкина Н.А. к. ист. наук, к. экон. наук, ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Блейх Н.О. д-р ист. наук, Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова (Владикавказ, Россия).

Культурология:

Куценков П.А. д-р культурологии, к. искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Искусствоведение:

Куценков П.А. д-р культурологии, к. искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Философские науки:

Петров М.А. д-р филос. наук, Института философии РАН (Москва, Россия);
Бессонов А.В. д-р филос. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Цыганков П.А. д-р филос. наук., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);
Лойко О.Т. д-р филос. наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия).

Юридические науки:

Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университет в г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ергашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

Сельскохозяйственные науки:

Важов В.М. д-р с.-х. наук, проф., Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина (Бийск, Россия);
Раков А.Ю. д-р с.-х. наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Михайловск, Россия);
Комлацкий В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

Социологические науки:

Замараева З.П. д-р социол. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия);
Солодова Г.С. д-р социол. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Кораблева Г.Б. д-р социол. наук, Уральский Федеральный Университет (Екатеринбург, Россия).

Химические науки:

Абдиев К.Ж. д-р хим. наук, проф., Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Мельдешов А. д-р хим. наук, Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия).

Науки о Земле:

Горяинов П.М. д-р геол.-минерал. наук, проф., Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Апатиты, Россия).

Экономические науки:

Лёвочкина Н.А. д-р экон. наук, к. ист. н., ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Ламоттке М.Н. к. экон. н., Нижегородский институт управления (Нижний Новгород, Россия);
Акбулаев Н. к. экон. н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан);
Кулиев О. к. экон. н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан).

Политические науки:

Завершинский К.Ф. д-р полит. наук, проф. Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Фармацевтические науки:

Тринеева О.В. к. фарм. н., Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия);
Кайшева Н.Ш. д-р фарм. наук, Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград, Россия);
Ерофеева Л.Н. д-р фарм. наук, проф., Курский государственный медицинский университет (Курск, Россия);
Папанов С.И. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Петкова Е.Г. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия);
Ураков А.Л., д-р мед. наук, Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Медведев П.В., Федотов В.А., Бочкарева И.А., Лукьянова Е.С. ФОРМИРОВАНИЕ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ МУКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ.....	6
Маличенко С.В., Мордвинов В.А. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПСЕВДОКОГНИТИВНОСТИ ЦЕНТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	9
Бегункова Н.О. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ MATHCAD В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧАХ ПО ДЕРЕВООБРАБОТКЕ	17
Хосровян А.Г., Жукова А.А., Хосровян И.Г., Хосровян Г.А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО КЛОЧКА ПО РАБОЧЕМУ ЭЛЕМЕНТУ БАРАБАНА РАЗРЫХЛИТЕЛЯ-ОЧИСТИТЕЛЯ	23
Самойлова С.С., Тарасов В.Е. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ ПЕНЫ	32
Ясинский В.Б. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	40
Шумилин Е.В., Псаров С.А. ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ КОМФОРТНОСТИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОТОПЛЕНИИ ПО НОЧНОМУ ТАРИФУ	45
Лопашук В.В., Лопашук А.В., Лопашук С.В. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ СЕРПАНТИН УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫМ МЕТОДОМ ПРОФЕССОРА ДУБЕЛИРА Г.Д.....	52
Лопашук В.В., Лопашук А.В., Лопашук С.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕРПАНТИН	67
Каменчуков А.В., Алексеева И.Д., Павликов А.Б. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ	85
Митриковский А.А., Бурлаенко В.З., Белова Л.В., Романова А.А., Стаселько О.Л., Шушарина И.В. ВЛИЯНИЕ СОРБЕНТА «УНИСОРБ» ПОЛИМЕРНЫЙ И ДРУГИХ ИЗУЧАЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ДИНАМИКУ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В НЕФТЕШЛАМЕ	93
Попов В.И. ПОГРАНСЛОЙНЫЙ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В СРЕДАХ ЛОКАЛЬНО-НЕРАВНОВЕСНОЙ РЕЛАКСАЦИОННОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ	97
Толстых А.А., Голубинский А.Н. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ	103
Камалходжаева Н., Шиков А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТТОКА КЛИЕНТОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПАНИИ	108
Турбал Е.Ю., Шифрин Б.М., Попова Д.А. ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	112

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Звягинцев А.И. О НЕЛИНЕЙНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ДИНАМИКУ ПАНДЕМИИ COVID-19.....	116
Зятиков И.А., Лосев В.Ф. ГЕНЕРАЦИЯ СУПЕРКОНТИНУУМА И ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИОНАХ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ.....	123
Горыня Е.В., Колпак Е.П., Гасратова Н.А. ДИНАМИКА ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ РФ	127
Кальницкий В.С., Петров А.Н. О РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ ШРЁДЕРА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА.....	134

ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHILOLOGY

Ширлина Е.Н., Сидорова Е.Н. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНГЛИЙСКИХ ВЕТЕРИНАРНЫХ ТЕРМИНОВ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ПРОИЗВЕДЕНИИ И ИХ ПЕРЕВОДА НА РУССКИЙ ЯЗЫК (НА МАТЕРИАЛЕ ПОВЕСТИ «EVERY LIVING THING» J. HERRIOT).....	139
Максимова С.Ю., Мацюпа К.В. «ИГРОВОЙ» СИНТАКСИС РЕКЛАМНОГО ТВОРЧЕСТВА	144
Shekhovtseva T.M., Kamyshanchenko E.A., Strakhova K.A. SYSTEMATIZATION OF METAPHORS REPRESENTING THE PANDEMIC CONCEPT IN THE MODERN ENGLISH MEDIA DISCOURSE	147
Gilmutdinova A.R., Gainullina G.R., Gabdullina G. SYMBOLIC IMAGES OF MOURNING AND TRAGEDY IN LIKSANOVA'S POETRY	150
Бурова Е.А., Сергеева Е.Е. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ФРАЗЕОЛОГИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ В СОВРЕМЕННОЙ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ И СПОСОБЫ ИХ ПЕРЕВОДА	153
Павленко А.Е., Павленко Г.В. ФАКТОРЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ «DO + ИНФИНИТИВ» В ДОРСЕТСКОМ ДИАЛЕКТЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА (НА МАТЕРИАЛЕ ПИСЬМЕННЫХ ТЕКСТОВ РАЗНЫХ ЖАНРОВ).....	156
Лукошкова Ю.А. СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ РЕКЛАМНЫХ СЛОГАНОВ.	161
Кидиралиева Н.М., Сабирова В.К. НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ДЕФИНИЦИИ «БИЛИНГВИЗМ»	166
Ибрагимов М.А. СЕМАНТИКА ПОЛИТИЧЕСКОГО ТЕКСТА (НА МАТЕРИАЛЕ АНГЛИЙСКОГО И РУССКОГО ЯЗЫКОВ)	169
Ступина Е.С. РИТОРИЧЕСКИЕ КОДЫ АНТОНИМОВ В БИОГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВЕДЕНИИ В.Н. БРЯНЦЕВОЙ «ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ СЕРГЕЯ РАХМАНИНОВА».....	172
Романенко В.А. ТЕКСТОВЫЕ ИНКЛЮЗИИ В ЛИРИКЕ Л.М. КОЛЬЦОВОЙ	176

ФИЛОСОФИЯ/ PHILOSOPHY

Кулешов В.Е., Царева Н.А. ЛЮБОВЬ: ДИАЛЕКТИКА В НЕЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО, РАЦИОНАЛЬНОГО И ПРАВСТВЕННОГО ФАКТОРОВ	179
Нагой Ф.Н. БУДУЩЕЕ ФИЛОСОФИИ: СИСТЕМА ЗНАНИЙ О МИРЕ ИЛИ ФИЛОСОФСТВОВАНИЕ, ПОДКЛЮЧАЮЩЕЕ ЧЕЛОВЕКА К БЫТИЮ	186
Соломенца Л.А. К ВОПРОСУ О СТАТУСЕ ЧЕЛОВЕКА В АБСОЛЮТНОЙ МИФОЛОГИИ А.Ф. ЛОСЕВА	189

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ / HISTORY

Алексеев К.А. КУЛЬТУРА ТИСАПОЛЬГАР В КОНТЕКСТЕ ИНДОЕВРОПЕЙСКОЙ ИСТОРИИ	193
Прохвятилов И.В. ПАДЕНИЕ ТЕОКРАТИЧЕСКОГО СТРОЯ ПРАВЛЕНИЯ НА ОСТРОВЕ РЮГЕН В XII ВЕКЕ	198

АРХИТЕКТУРА/ ARCHITECTURE

Таранов Д.К., Федюк Р.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА.....	206
--	-----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.001>

ФОРМИРОВАНИЕ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ МУКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Научная статья

Медведев П.В.¹, Федотов В.А.^{2,*}, Бочкарева И.А.³, Лукьянова Е.С.⁴² ORCID: 0000-0002-3692-9722;¹⁻⁴ Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

* Корреспондирующий автор (vital_asm[at]mail.ru)

Аннотация

В статье показаны результаты сравнительного анализа методик определения структурно-механических свойств пшеницы различных сортов по итогам проведенного гранулометрического анализа размолотого зерна. Оценивали структурно-механические свойства зерна (твердозерность) ситовым методом и с помощью «компьютерного зрения». Обнаружена статистически значимая связь между стекловидностью зерновки и ее микротвердостью. У сортов твердой и твердозерной пшеницы эта связь проявляется в большей степени. Установлено, что микротвердость стекловидных зерен в среднем в два раза выше микротвердости мучнистых. Разработана методика фрактографического анализа пшеницы, позволяющая оценивать твердозерность зерна по гранулометрическим характеристикам продуктов его размола. Определена степень точности оценки твердозерности при различных методиках помола. В зависимости от методики лабораторного помола погрешность определения твердозерности фрактографическим анализом составляет от 2,4 до 3,8 %, ситовым анализом – от 4,0 до 8,2 %. На основе показателя твердозерности разработаны экспрессные методики прогнозирования качества хлеба из зернового сырья с помощью компьютерного зрения.

Ключевые слова: хлеб, оценка качества, зерно пшеницы, качество муки.

FORMATION OF FLOUR BAKING CAPACITY UNDER THE INFLUENCE OF STRUCTURAL AND MECHANICAL QUALITIES OF WHEAT GRAIN

Research article

Medvedev P.V.¹, Fedotov V.A.^{2,*}, Bochkareva I.A.³, Lukyanova E.S.⁴² ORCID: 0000-0002-3692-9722;¹⁻⁴ Orenburg State University, Orenburg, Russia

* Corresponding author (vital_asm[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of a comparative analysis of methods for determining the structural and mechanical properties of wheat varieties based on the results of the granulometric analysis of ground grain. The structural and mechanical properties of the grain (grain hardness) were evaluated by the sieve method and with "computer vision". A statistically significant connection was found between the vitrescence of the grain and its micro hardness. In varieties of durum and hard-grain wheat, the connection is manifested to a greater extent. It was established that the micro hardness of vitreous grain is on average twice as high as the micro hardness of farinaceous grain. A method of fractographic analysis of wheat has been developed, which allows to evaluate the grain hardness by the granulometric characteristics of its grinding products. The degree of accuracy of the hardness evaluation with various grinding methods is determined. Depending on the method of laboratory grinding, the error in determining the hardness by fractographic analysis ranges from 2.4 to 3.8%, that by sieve analysis – from 4.0 to 8.2%. On the basis of the hardness rate, express methods for predicting the bread quality from grain raw materials using computer vision have been developed.

Keywords: bread, quality assessment, wheat grain, flour quality.

Введение

Стремление к выработке хлебопекарной продукции лучшего качества привело к разработке так называемой «прогрессивной технологии», которая в противоречии с биотехнологической природой производства хлебных изделий основывается на существенном сокращении продолжительности брожения и затрат сухого вещества муки при приготовлении полуфабрикатов [1]. В настоящее время по этой технологии вырабатывается до 90 % хлеба [2], что привело к существенному ухудшению качества изделий и значительным убыткам. Такое положение вещей определяется рядом причин. Не имея своих специальных методов исследования, она бессильна обеспечить получение такой информации о производстве хлебных изделий, которая позволила бы оптимизировать его и получать продукцию наилучшего качества, которое возможно при использовании данного сырья и рецептуры, данного способа приготовления теста и выпечки, данного технологического оборудования [3]. Все это свидетельствует об острой нужде в специальных методах исследования хлебопекарного производства. Необходимость решения этой проблемы путем разработки таких методов определила цель настоящей работы [4]. Показатель твердозерности зерна может служить критерием оценки физико-химических качеств [5]. Наиболее точный метод определения твердозерности обеспечивается прибором Perten Instruments SKCS [6].

Материалы и методы

В качестве материала для изучения особенностей зернового сырья использовалось зерно 12-ти сортов пшеницы за 13 лет (2009 – 2021 гг.), возделываемой на территории Оренбургской области. Твердозерность измеряли степенью измельчения по проходу через сито №008 ПСИ, индексом размера частиц по проходу через сито №0071 ИРЧ); микротвердостью по микротвердомеру [7]. Оценка твердозерности по показателю микротвердости является прямым

способом определения, в отличие от показателей степени измельчения и индекса размера частиц, определяемыми ситовым анализом размолотого зерна. Варьирование твердозерности у зерна пшеницы обусловлено наличием или отсутствием в зерне белка триалибина. Степень твердозерности пшеницы тесно связана с количеством поврежденных крахмальных зерен, получаемых после помола пшеницы. В свою очередь от степени поврежденности крахмала зависит их атакуемость ферментами и водопоглотительная способность муки. Количество поглощаемой мукой воды является важным фактором формирования реологических свойств замешиваемого теста и производимой хлебобулочной продукции. Частицы муки из зерна с меньшей твердозерностью сильнее слипаются из-за адгезии, образуя более крупные конгломераты, подобная мука труднее проходит через сита, т.е. хуже высевается. Частицы такой муки имеют более неправильную форму, характеризуются большим количеством фрагментов эндосперма и гранул крахмала, менее прочно связанных белковой матрицей [8].

Помимо этого, для измерения твердозерности использовались достижения информационных технологий. Повышение информативности гранулометрического анализа возможно за счет цифровизации пищевой отрасли – развития теории и практики внедрения в технологические процессы интеллектуальных систем. Так, анализ муки может быть модернизирован с помощью модификации гранулометрического анализа – дополнение его данными фрактографического анализа. Измерение геометрических параметров частиц муки проводилось не косвенным (ситовым) методом, а прямым методом – оптической микроскопией продуктов размолта зерна. Для получения высококачественных изображений частиц муки в разработанной лабораторной установке пользовались восьмимегапиксельной камерой Sony IMX214. Точное позиционирование камеры над измельченным сырьем осуществлялось синхронными сервоприводами, а обработка изображений снимков – с использованием библиотек технического зрения Open CV [9]. Зерновыми мельницами измельчали зерна пшеницы, затем программно очерчивали каждую частицу размолта замкнутым контуром. В результате нескольких сотен или тысяч подобных итераций накапливали большое количество фигур – контуров таких частиц. Программно определяли у них геометрические характеристики: из центров масс фигур выделяли отрезки, вычисляли среднеарифметические значения длин отрезков (X) и коэффициенты вариации (K). Данные характеристики служили в последующем входными переменными в моделях для вычисления твердозерности.

Помолы проводили тремя мельничными установками. Измельчение зерна проводили на мельнице «Nagema 812», на мельнице «Labor muszeripari muvek», на мини-мельнице «Novita». Первые две представляют собой вальцовые мельницы, различающиеся по производственной мощности, последняя – зерновая мини-мельница роторного типа [10].

Результаты исследований

Сравнение результатов оценки твердозерности фрактографическим и ситовым анализом зерна, измельченного 3-мя способами (таблица 1) выявило высокую точность фрактографического метода.

Таблица 1 – Связи твердозерности, оцененной разными способами (коэффициенты корреляции)

Метод переработки зерна	Мельница «Nagema»			«Labor muszeripari muvek»		мини-мельница «Novital»	
	в/с	1	2	1	2	1	2
Сортность муки							
Твердозерность по данным фрактографического анализа	0,94±0,3	0,93±0,3	0,89±0,3	0,89±0,3	0,84±0,3	0,88±0,3	0,79±0,3
Твердозерность по ИРЧ	0,86±0,3	0,89±0,3	0,78±0,3	0,86±0,3	0,74±0,3	0,82±0,3	0,77±0,3
Твердозерность по ПСИ	0,90±0,3	0,86±0,3	0,83±0,3	0,85±0,3	0,83±0,3	0,80±0,3	0,76±0,3

Сформированные математические модели (уравнения регрессии) легли в основу методики оценки твердозерности фрактографическим способом. Для научного обоснования целесообразности использования фрактографического анализа для оценки качества зерна пшеницы определяли точность прогнозирования технологических свойств пшеницы фрактографическим способом. При измельчении мельницей «Nagema» погрешности оценки твердозерности менее 2,4 %, «Labor muszeripari muvek» – 2,6 %, «Novital» – 2,9 %. Также для оценки качества хлеба пользовались фрактографическим анализом. Референтной методикой служила лабораторная выпечка хлеба двумя способами (таблица 2). Выявлены общие закономерности связей качества пробной выпечки с твердозерностью зернового сырья вне зависимости от методики измельчения. Технологами-мукомолами исследована топография микротвердости эндосперма и оболочек зерновок стекловидной и мучнистой фракций сортов пшеницы различной консистенции. Значение микротвердости эндосперма и оболочек зерновок твердой и твердозерной мягкой пшеницы, как правило, выше аналогичных показателей зерновок мягкозерной пшеницы.

Таблица 2 – Погрешности определения хлебопекарных качеств по твердозерности исходного зернового сырья, установленных фрактографически

Пробная выпечка	Характеристики	Метод переработки зерна						
		Мельница «Nagema», %			«Labor muszeripari muvek», %		мини-мельница «Novital», %	
		в/с	1	2	1	2	1	2
Трехфазный способ	Объемный выход, см ³ /100 г муки	7,2	7,5	8,0	8,7	8,1	9,9	12,1
	Формоустойчивость	11,2	11,7	11,2	10,7	12,1	13,4	17,2
	Балловая оценка, балл	15,1	13,3	12,4	14,4	16,1	19,5	18,7
Однофазный способ	Объемный выход, см ³ /100 г муки	8,7	8,4	8,2	10,1	10,2	12,9	16,9
	Формоустойчивость	14,2	13,3	13,5	12,9	13,8	18,7	21,1
	Балловая оценка, балл	12,4	15,2	16,4	17,8	16,2	20,2	21,3

Заключение

Разработанная методика фрактографического анализа позволяет определять твердозерность по гранулометрическим характеристикам размолла зерна (муки). Определена точность такой оценки по степени сходимости результатов с данными, полученными прямым способом (микротвердостью). В зависимости от методики лабораторного помола погрешность определения твердозерности составляет от 2,4 до 3,8 %, для ситового анализа погрешность составляет от 4,0 до 8,2 %. Твердозерность позволяет прогнозировать хлебопекарные достоинств зернового сырья. Запатентованы методы оценки качеств хлеба из зернового сырья компьютерным зрением и фрактографическим способом (погрешность определения выхода хлеба – не более 11,8 %, балльной оценки – 21,2 %).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Саидов Д.Т. Резервы повышения рентабельности реализации зерна / Д.Т. Саидов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2(26). – С. 152–155.
2. Doggett H. Sorghum. 2nd edition / H. Doggett // New York : John Wiley and Sons. Inc., 1988. – 512 p.
3. Жидков С.А. Приоритетные направления развития рынка зерна в России: монография / С.А. Жидков. – Мичуринск : БИС, 2018. – 313 с.
4. Медведев П.В. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки / П.В. Медведев, В.А. Федотов, И.А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 7(38). – С. 77–80.
5. Hochholdinger F. Towards the molecular basis of heterosis / F. Hochholdinger, N. Hoeckenger // Trends Plant Sci. – 2007. – № 12. – P. 427–432.
6. Manley M. Near infrared hyperspectral imaging for the evaluation of endosperm texture in whole yellow maize / M. Manley, P. Williams, D. Nilsson et al. // Agric Food Chem – 2009. – № 57(19). – P. 8761–8769.
7. Беркутова Н.С. Микроструктура пшеницы / Н. С. Беркутова, И.А. Швецова. – Москва : Колос, 1977. – 122 с.
8. Шепелев А.Ф. Товароведение и экспертиза электротоваров: учебное пособие для вузов / А.Ф. Шепелев, И.А. Печенежская. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. – 192 с.
9. Зенкина И.В. Анализ стратегических разрывов как инструмент стратегического анализа и потенциал его применения в стратегическом управлении организацией / И.В. Зенкина // Аудит и финансовый анализ. – 2012. – № 4. – С. 107–112.
10. Федотов В.А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы / В.А. Федотов, П.В. Медведев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 140–145.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Saidov D.T. Rezervy` povu`sheniia rentabel`nosti realizatsii zerna [Reserves for increasing the profitability of grain sales] / D.T. Saidov // Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Orenburg State Agrarian University] – 2010. – № 2(26). – P. 152–155. [in Russian]
2. Doggett H. Sorghum. 2nd edition / H. Doggett // New York : John Wiley and Sons. Inc., 1988. – 512 p.
3. Zhidkov S.A. Prioritetny`e napravleniia razvitiia ry`nka zerna v Rossii: monografiia [Priority directions of grain market development in Russia: monograph] / S.A. Zhidkov. – Michurinsk : BIS, 2018. – 313 p. [in Russian]
4. Medvedev P.V. Kompleksnaia oценка potrebitel`skikh svoi`stv zerna i produktov ego pererabotki [Comprehensive assessment of consumer properties of grain and its processed products] / P.V. Medvedev, V.A. Fedotov, I.A. Bochkareva // Mezhdunarodny`i nauchno-issledovatel`skii` zhurnal [International Research Journal]. – 2015. – № 7(38). – P. 77–80. [in Russian]
5. Hochholdinger F. Towards the molecular basis of heterosis / F. Hochholdinger, N. Hoeckenger // Trends Plant Sci. – 2007. – № 12. – P. 427–432.
6. Manley M. Near infrared hyperspectral imaging for the evaluation of endosperm texture in whole yellow maize / M. Manley, P. Williams, D. Nilsson et al. // Agric Food Chem – 2009. – № 57(19). – P. 8761–8769.
7. Berkutova N.S. Mikrostruktura pshenitsy` [Microstructure of wheat] / N.S. Berkutova, I.A. Shvetcova. – Moscow : Kolos, 1977. – 122 p. [in Russian]
8. Shepelev A.F. Tovarovedenie i e`kspertiza e`lektrotovarov: uchebnoe posobie dlia vuzov [Commodity science and expertise of electrical goods: a textbook for universities] / A.F. Shepelev, I.A. Pechenezhskaia. – Rostov-na-Donu : Feniks, 2002. – 192 p. [in Russian]
9. Zenkina I.V. Analiz strategicheskikh razry`vov kak instrument strategicheskogo analiza i potencial ego primeneniia v strategicheskome upravlenii organizatsiei` [Analysis of strategic gaps as a tool of strategic analysis and the potential of its application in the strategic management of the organization] / I.V. Zenkina // Audit i finansovy`i` analiz [Audit and financial analysis]. – 2012. – № 4. – P. 107–112. [in Russian]
10. Fedotov V.A. Informatsionno-izmeritel`naia sistema opredeleniia potrebitel`skikh svoi`stv pshenitsy` [Information and measurement system for determining the consumer properties of wheat] / V.A. Fedotov, P.V. Medvedev // Vestneyk Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]. – 2013. – № 3. – P. 140–145. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.002>**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПСЕВДОКОГНИТИВНОСТИ ЦЕНТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Научная статья

Маличенко С.В.^{1,*}, Мордвинов В.А.²¹ ORCID: 0000-0002-2253-421X;^{1,2} МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (sm.malichenko[at]gmail.com)

Аннотация

Предложен подход к описанию транспортных процессов, происходящих в сетях для комплексной характеристики задержек сетевого взаимодействия и описания методов модернизации существующих сетей ресурсного доступа. Рассматривается сложная сеть, в которой узлы хранят пакеты в конечном буфере и реализуют протокол произвольного доступа к каналу на основе задержки. Исследование проводится методами стохастического анализа. Предложенный подход служит основой для изучения когнитивности центрических сетей и анализа моделей оценки когнитивности. В качестве вывода показано, как на основе оцененных параметров когнитивные терминалы, могут прогнозировать траектории передачи для других узлов и разрабатывать интеллектуальные стратегии маршрутизации.

Ключевые слова: когнитивные сети, оценка параметров, центрические сети, интеллектуальная маршрутизация.

METHODS OF RESEARCH AND MODERNIZATION OF PSEUDO COGNITION OF CENTRIC NETWORKS

Research article

Malichenko S.V.^{1,*}, Mordvinov V.A.²¹ ORCID: 0000-0002-2253-421X;^{1,2} Russian Technological University (MIREA), Moscow, Russia

* Corresponding author (sm.malichenko[at]gmail.com)

Abstract

An approach to the description of transport processes occurring in networks for the complex characterization of network communication delays and the description of methods of existing resource modernization access networks is proposed. A complex network is considered, in which nodes store packets in a finite buffer and implement a protocol of random access to the channel based on delay. The study is carried out by stochastic analysis methods. The proposed approach serves as a basis for studying the cognition of centric networks and analyzing cognitive assessment models. As a conclusion, it is shown how, based on the estimated parameters, cognitive terminals can predict transmission trajectories for other nodes and develop smart routing strategies.

Keywords: cognitive networks, parameter estimation, centric networks, smart routing.

Введение

Парадигма когнитивных сетей была представлена в статьях [1], [2], [3], где авторами было предложено реализовать интеллект в беспроводных сетях. Эта концепция положила начало обширным исследовательским усилиям по изучению методов сосуществования когнитивных сетей. В этих работах цель интеллектуальных сетей состоит в том, чтобы идентифицировать и использовать ресурс канала передачи, оставшийся неиспользованным, во временном и частотном диапазоне. Подход такого «белого пространства» находит соответствующие применения в сетях ресурсного доступа, но не позволяет исследовать важные возможности, возникающие из более широкого понятия интеллекта центрических сетей. Этот подход все чаще требует жесткой классификации узлов для первичных и вторичных пользователей, что не подходит для широкого спектра сетевых сценариев и приложений.

Наконец, метод «белого пространства» ограничивает операции когнитивных сетей не используемым ресурсом канала, тем самым игнорируя потенциальные преимущества по контролю взаимодействий между узлами посредством интерференции (для беспроводных) или сотрудничества (для проводных или оптических сетей). Однако, на сегодняшний день, возможности обучения и оптимизации когнитивных сетей ограничены относительно простыми сетевыми сценариями из-за высокой вычислительной сложности и низкой эффективности сетевых протоколов.

Эта статья представляет собой первую попытку включить передовые методы машинного обучения и искусственного интеллекта в работу сетей ресурсного доступа в режиме реального времени для управления взаимодействиями между процессами передачи данных. Таким образом, первым важным шагом является разработка основы для анализа динамики других узлов, работающих в сети. Это позволяет прогнозировать, классифицировать и адаптировать трафик к окружающей сетевой среде.

Прогностический доступ к каналу на основе обучения был предложен в публикациях [4], [5]. Однако алгоритмы обучения, представленные в этих работах, основаны на моделях, которые абстрагируют поведение сети и приводят к ограниченным аналитическим возможностям. Важно отметить, что в отличие от существующих вкладов в области когнитивных сетей мы предполагаем, что наблюдаемые терминалы реализуют протоколы, параметры которых определяются требованиями конкретного приложения. Кроме того, модели, предложенные в [4], [5], не могут отразить взаимозависимость между решениями о передаче пакетов между узлами и статистикой будущего состояния сети, которая имеет решающее значение для управления взаимодействиями. Предлагаемый здесь алгоритм включает структурную информацию о сложной динамике сети при деконструкции последовательностей простых наблюдений и не требует какой-либо контролируемой фазы обучения. Подход, основанный на теории скрытой марковской модели, такой как тот, что использовался в статье [4] для упрощенного пространства состояний, привел бы к невозможной вычислительной сложности и чрезмерной параметризации. В этой статье описывается попытка

разработать метод анализа динамики сетей с допустимой сложностью. Мы утверждаем, что наш подход может обеспечить дополнительный уровень интеллекта когнитивной сети и способствовать созданию новых структур и маршрутов передачи.

В данной статье рассматривается сценарий, в котором узлы хранят пакеты в конечном буфере, а протокол произвольного доступа к каналу используется для совместного использования сетевого ресурса. События столкновения вызывают инициирование случайного периода отсрочки отправки пакета. Узлы могут использовать различные параметры отсрочки для оптимизации производительности поддерживаемых потоков трафика. Режим трафика и параметры протокола отдельных узлов известны. Отметим, что запутанность между процессами передачи узлов из-за их реакции на коллизию пакетов и фильтрующий эффект буферизации пакетов делают нашу задачу особенно сложной.

Численные результаты показывают, что изученные параметры обеспечивают адекватную реконструкцию свойств сети и что когнитивная сеть может использовать их для построения передовых предиктивных стратегий передачи. Однако, оценка трафика отдельных узлов и параметров протокола, объясняющих траекторию сети, наблюдаемую в одной конкретной выборке, может быть затруднена в некоторых областях из-за низкой информативности наблюдаемого трафика и временных зависимостей между наблюдениями. Знание параметров отдельных узлов может обеспечить дальнейшее уточнение стратегии передачи когнитивных сетей.

Остальная часть этой статьи организована следующим образом. В разделе «Сетевые операции» описывается сетевой сценарий и логические операции сетевых узлов. В разделе «Динамика состояния сети» выводится стохастический процесс, отслеживающий динамику процессов передачи данных. В разделе «Сетевая оценка» представлен алгоритм оценки параметров, определяющих динамику сети, по последовательности наблюдений. В разделе «Адаптация политики передачи» предлагается алгоритм маршрутизации когнитивного узла сети на основе оцененных параметров. В разделе «Будущая работа» обсуждаются будущая работа и направления дальнейших исследований. Выводы о работе завершают статью.

Сетевые операции

Рассмотрим сеть связи, состоящую из N узлов, взаимодействующих друг с другом. Предполагается интервальное время, где длительность временного интервала $t = 1, 2, \dots$ подходит для передачи одного информационного пакета. Каждый узел хранит пакеты, которые должны быть доставлены, в буфере конечного размера Q . Очередь управляется по принципу «первым пришел – первым обслужен», при котором пакеты, превышающие емкость буфера, отбрасываются. Поступление пакетов в очередь каждого узла k определяется как общий случайный процесс, управляемый вектором параметров $\tau^{(k)}$. Для определенности пакеты, пришедшие в слот t , обрабатываются и доступны для передачи в том же слоте t . Вектор параметров $\tau^{(k)}$ формирует процесс поступления пакетов в соответствии с режимом трафика, вызванным приложениями, работающими на узле. В общем случае режимы трафика различных узлов считаются независимыми друг от друга.

Стратегия передачи каждого узла регулируется протоколом доступа к каналу для конкретного узла. Здесь предполагается, что все узлы реализуют протокол произвольного доступа, основанный на механизме отсрочки (например, определенном в функции распределенной координации). Вектор параметров, управляющий механизмом отсрочки узла k , обозначается $\theta^{(k)}$. Каждый узел может иметь разный набор параметров, независимый от параметров других узлов. Мы видим, что предлагаемая структура может быть распространена на узлы, реализующие структурно разные протоколы, за счет большего пространства параметров.

В соответствии с рассматриваемым протоколом передачи решение о том, будет ли узел передавать в какой-либо конкретный временной интервал, определяется количеством пакетов в очереди передачи этого узла и его счетчиком задержки: если очередь не пуста, а счетчик задержки равен нулю, узел пытается передать первый пакет из очереди. Если попытка передачи успешна, пакет удаляется из очереди узла, а счетчик задержки сохраняет свое нулевое значение. В противном случае, если передача не удалась, пакет остается в очереди для последующей попытки передачи, а счетчик задержки устанавливается в ненулевое значение δ в соответствии с некоторым распределением вероятностей, определяемым параметрами $\theta^{(k)}$. В течение следующих δ временных интервалов узел не будет предпринимать никаких попыток передачи; он будет принимать только поступающие пакеты и будет уменьшать счетчик задержки на единицу в каждом слоте. Обратите внимание, что обратная связь от приемника необходима для определения решения отдельных узлов. Мы предполагаем, что приемники успешно переданных пакетов передают двоичную обратную связь соответствующему передатчику, чтобы сообщить об успешном или неудачном приеме.

В данной работе принята широко используемая модель столкновения. Таким образом, передача в заданном слоте считается успешной, если только один узел передает пакет, тогда как передачи, перекрывающие один и тот же узел, приводят к сбою передачи с вероятностью единица. В предлагаемую структуру могут быть включены более точные модели, включая эффект захвата пакетов [7], [8] и стохастические процессы, учитывающие изменения коэффициента усиления канала соединений [9], [10].

Динамика состояния сети

Применительно к рассматриваемому протоколу состояние узла полностью описывается парой (i, j) , где $i \in \{0, \dots, Q\}$ – длина очереди, $j \in \{0, \dots, B\}$ – счетчик задержки. Обратите внимание, что, если очередь пуста, счетчик отсрочки принудительно обнуляется. Пусть $p_{i,j}^{(k,t)}$ – вероятность для вершины $k \in \{0, \dots, N\}$ в состоянии (i, j) в конце слота t . Как мы только что упомянули, мы исключаем из рассмотрения пары (i, j) для $i = 0$ и $j > 0$, так как они не соответствуют действительным состояниям.

В этом разделе мы покажем, как эти вероятности могут быть вычислены рекурсивно для любого момента

времени. Для этой цели временно предположим, что вероятности $p_{i,j}^{(k,t-1)}$ для предыдущего временного интервала известны, и пусть начальное состояние каждого узла k установлено равным $(0, 0)$:

$$p_{0,0}^{(k,0)} = 1, p_{i,j}^{(k,0)} = 0, \text{ для } i, j > 0 \quad (1)$$

В начале каждого из последовательных временных интервалов, согласно предположениям моделирования, каждый узел сначала обрабатывает входящие пакеты. Пусть $s_{i,j}^{(k,t)}$ будет вероятностью того, что узел k находится в состоянии (i, j) для очереди из i пакетов и счетчика задержки j после добавления входящих пакетов в очередь в течение временного интервала t , но до того, как какой-либо пакет будет передан узлом. По построению для $0 < i < Q$, $0 \leq j \leq B$ и $t > 0$:

$$s_{0,0}^{(k,t)} = p_{0,0}^{(k,t-1)} \alpha^{(k,t)}(0, \tau), \quad (2)$$

$$s_{i,j}^{(k,t)} = \sum_{x=0}^{\min(A,i)} p_{i-x,j}^{(k,t-1)} \alpha^{(k,t)}(x, \tau), \quad (3)$$

$$s_{Q,j}^{(k,t)} = \sum_{x=0}^{\min(A,Q)} p_{Q-x,j}^{(k,t-1)} \sum_{y=x}^A \alpha^{(k,t)}(y, \tau), \quad (4)$$

где $\alpha^{(k,t)}(x, \tau) = P(X^{(k,t)} = x | \tau^{(k)})$ – вероятность получения узлом k ровно x новых пакетов в слоте t , обусловленная вектором его параметров при $x \in \{0, \dots, A\}$. В общем случае эти вероятности могут зависеть от текущего состояния узла, но предполагается, что они не зависят от вероятностей прибытия на другие узлы при заданном состоянии узла k .

Когда входящие пакеты добавляются в их очереди, узлы начинают обрабатывать исходящие пакеты. Из определения протокола доступа к каналу следует, что существует два способа перехода узла в каждое состояние, оба из которых определяются состоянием узла после прибытия пакета.

Действительно, если счетчик отсрочки узла равен нулю и его очередь пуста, то либо (а) узел находился в том же состоянии после прихода пакета и оставался неактивным, либо (б) у него был такой же нулевой счетчик отсрочки, но с одним пакетом в очереди, и этот пакет был успешно передан.

В качестве альтернативы, если счетчик отсрочки равен нулю и в очереди есть хотя бы один пакет, то либо (а) узел имел ту же очередь после прибытия пакета, но со счетчиком отсрочки, равным единице, и, следовательно, простаивал, или же (б) у него был тот же нулевой счетчик отсрочки, но с еще одним пакетом в очереди, и этот пакет был успешно передан.

Наконец, если и длина очереди, и счетчик отсрочки не равны нулю, то узел сохранил ту же очередь, что и после прибытия пакета, и либо (а) имел счетчик отсрочки, равный единице или больше, и ждал, либо (б) он имел нулевой счетчик отсрочки, что требовало от узла передачи, но эта передача не удалась, например, из-за помех.

Таким образом, вероятности состояний для каждого узла могут быть получены с помощью следующих рекуррентных соотношений. Каждое равенство соответствует одному из трех вышеприведенных случаев, рассмотренных в том же порядке. Первые члены в правой части соответствуют возможностям, указанным в (а), вторые – в (б). Для $1 \leq i \leq Q, 1 \leq j \leq B$ и $t > 0$:

$$p_{0,0}^{(k,t)} = s_{0,0}^{(k,t)} + s_{1,0}^{(k,t)} (1 - c^{(t)}), \quad (5)$$

$$p_{i,0}^{(k,t)} = s_{i,0}^{(k,t)} + s_{i+1,0}^{(k,t)} (1 - c^{(t)}), \quad (6)$$

$$p_{i,j}^{(k,t)} = s_{i,j+1}^{(k,t)} + s_{i,0}^{(k,t)} \delta^{(k,t)}(j, \theta) c^{(t)}, \quad (7)$$

где формально $s_{Q+1,0}^{(k,t)} = s_{i,B+1}^{(k,t)} = 0$. Отметим, что в каждом из приведенных выше сценариев перехода изменение длины очереди узла может быть объяснено либо тем, что узел имеет более длинную очередь в предыдущем временном интервале и не получает пакетов в текущем временном интервале, либо имеет более короткую очередь и получает несколько новых пакетов в этом временном интервале. Обе эти возможности уже учтены в вероятностях $s_{i,j}^{(k,t)}$ выше.

Здесь $c^{(t)}$ обозначает двоичную переменную, указывающую на событие коллизии, когда несколько узлов попытаются одновременно передать данные во временном интервале t . Кроме того, $\delta^{(k,t)}(j, \theta) = P(\Delta^{(k,t)} = j | \theta^{(k)})$

обозначает вероятность установки счетчика отсрочки на j на узле k после передачи в временной интервал t терпит неудачу, где $\theta^{(k)}$ – вектор параметров, управляющих распределением отсрочки.

Используя приведенные выше вероятности состояния узла, мы можем получить вероятность $r^{(k,t)}$ передачи для узла k во временном интервале t . Согласно протоколу, это происходит тогда и только тогда, когда этот узел имеет непустую очередь и нулевой счетчик отсрочки:

$$r^{(k,t)} = \sum_{i=1}^Q s_{i,0}^{(k,t)} \quad (8)$$

Все определенные выше вероятности – $s_{i,j}^{(k,t)}, p_{i,j}^{(k,t)}, r^{(k,t)}$ – являются неявными функциями отсрочки и параметров трафика, $\theta = (\theta^{(k)})_{k=1}^N$ и $\tau = (\tau^{(k)})_{k=1}^N$ соответственно, где $\theta^{(k)}$ и $\tau^{(k)}$ – векторы параметров для узла k .

Кроме того, все эти вероятности также зависят от вектора коллизий при передаче $c^{(t)}$.

Сетевая оценка

В предыдущем разделе было показано, как, зная параметры, управляющие случайными процессами на терминалах, можно получить некоторое представление об ожидаемом поведении сети. В частности, мы построили вероятности состояний $p_{i,j}^{(k,t)}$ и вероятности передачи $r^{(k,t)}$ как функции векторов параметров θ и τ .

Имея это, имеет смысл поставить противоположную задачу восстановления параметров узла θ и τ по наблюдению за поведением сети. Отметим, что это предположение наихудшего случая по сравнению с сетевым сценарием, где когнитивный терминал имеет доступ к заголовкам передаваемых пакетов, которые содержат идентификаторы передатчиков и порядковые номера пакетов [11]. Этот дополнительный уровень информации может, возможно, улучшить качество оценки параметров на более коротких выборках.

При этой ограниченной наблюдательной информации мы сталкиваемся со следующей проблемой. Для конечной выборки n_1, n_2, \dots, n_T по распределениям случайных величин η_t необходимо оценить параметры $\tau^{(k)}$ и $\theta^{(k)}$ вероятностных распределений $\alpha^{(k,t)}(\cdot, \tau)$ и $\delta^{(k,t)}(\cdot, \theta)$ управляющие, соответственно режимами трафика и стратегиями отсрочек на каждом узле k (для конкретных параметризаций функций $\alpha^{(k,t)}$ и $\delta^{(k,t)}$). То есть у нас есть проблема параметрической идентификации, к которой из-за ограниченности наблюдательной информации мы подходим как к задаче критериальной оптимизации. А именно, мы хотели бы найти параметры узла, которые лучше всего объясняют трафик n_1, n_2, \dots, n_T как выборки η_t .

Сама по себе задача представляет собой NP-полную задачу, для решения которой необходимо руководствоваться значениями векторов $\theta^{(k)}$ и $\tau^{(k)}$ для каждого узла, но для упрощения процесса моделирования лучшим шагом станет упрощение рассматриваемого процесса и отталкивание от реальных данных, наблюдаемых в сетях. Наши возможности параметрической идентификации в этой задаче ограничены характером наблюдаемого процесса. Качество любого заданного вектора значений параметров может быть измерено только в той степени, в которой эти значения влияют на количество передающих узлов, измеренное в ограниченном количестве наблюдений, доступных оценщику.

На практике это означает, что при решении этой задачи мы можем столкнуться со следующей трудностью, присущей ее постановке. Для данной выборки наблюдений вероятностная аппроксимация может иметь несколько локальных экстремумов, которые не обязательно совпадают с истинными параметрами, стоящими за наблюдаемым поведением. Более того, если эти локальные экстремумы соответствуют близким (или равным) вероятностям выборки, это означает, что существует несколько значений параметров, которые схожи (или идентичны) по своей объяснительной способности для рассматриваемой выборки.

Поэтому для проведения моделирования проведем упрощение вероятностной модели (8) следующим образом. Реальный процесс маршрутизации осуществляется на рабочих сетях как представлено на рисунке 1.

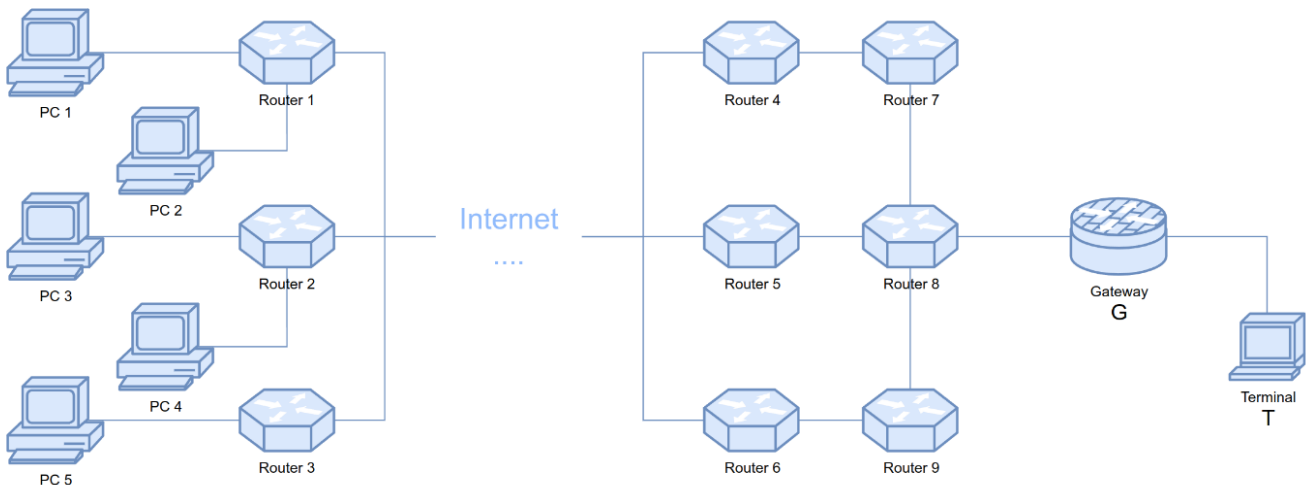


Рис. 1 – Структура современной сети ресурсного доступа

Для количественной оценки эффективности работы сети при моделировании будет производиться подсчет количества доставленных пакетов в узел Т из узлов PC1-PC5. Каждый узел n имеет характеристики узла $\theta^{(k)}$ и $\tau^{(k)}$ – векторы параметров узла n и имитируют задержку доставки пакетов в соседний узел. Представленная схема на рисунке 1 имитирует реальные процессы, происходящие в сетях ресурсного доступа, но лишь с тем допущением, что исходящий пакет из узла n проходит до конечного узла Т лишь через один шлюз G, что соответствует действительной архитектуре сетей.

График процесса представлен на рисунке 2.

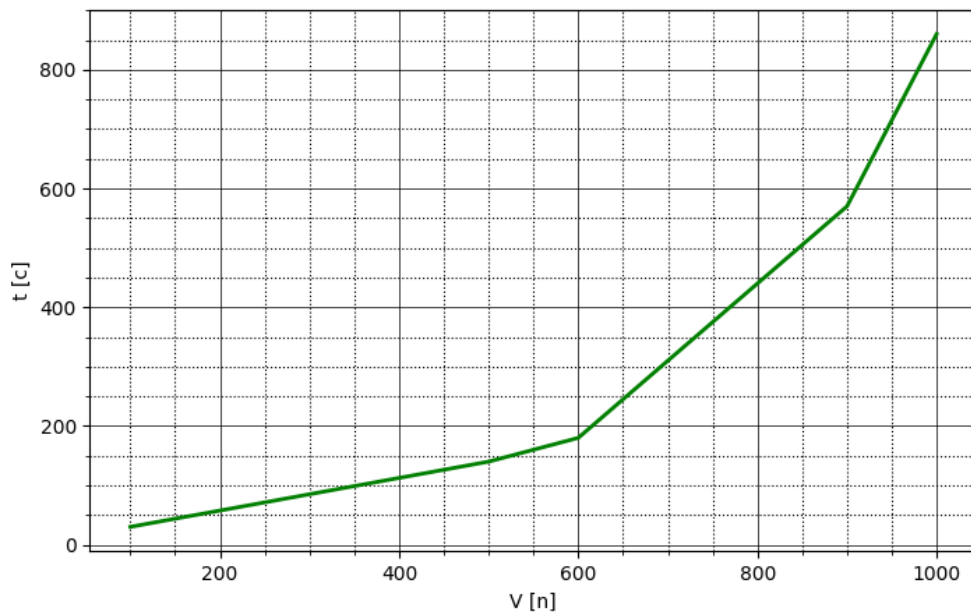


Рис. 2 – График зависимости времени доставки пакетов от их количества при исходной структуре сети

Из графика видно, что задержка принятия информационных пакетов растет экспоненциально при увеличении объема генерируемых пакетов.

Действительный процесс маршрутизации трафика в когнитивных сетях ресурсного доступа соответствует представленным результатам лишь с небольшой погрешностью, так как сеть на основе имеющихся данных производит временной и параметрический анализ и оптимизирует пропускную способность для изменения значения векторов $\theta^{(k)}$ и $\tau^{(k)}$ для каждого узла. Представленную в данной статье модель вероятностной оценки возможно применить для оценки когнитивности сети, но данная работа выходит за рамки текущей статьи. Предлагаемый алгоритм расчета показателей узла и пропускной способности сети может быть осуществлен с помощью все тех же упрощений. Для конечного определения эффективности сети будем руководствоваться количеством доставленных пакетов в узел G. Так, схема сети на рисунке 1 будет иметь вид как представлено на рисунке 3.

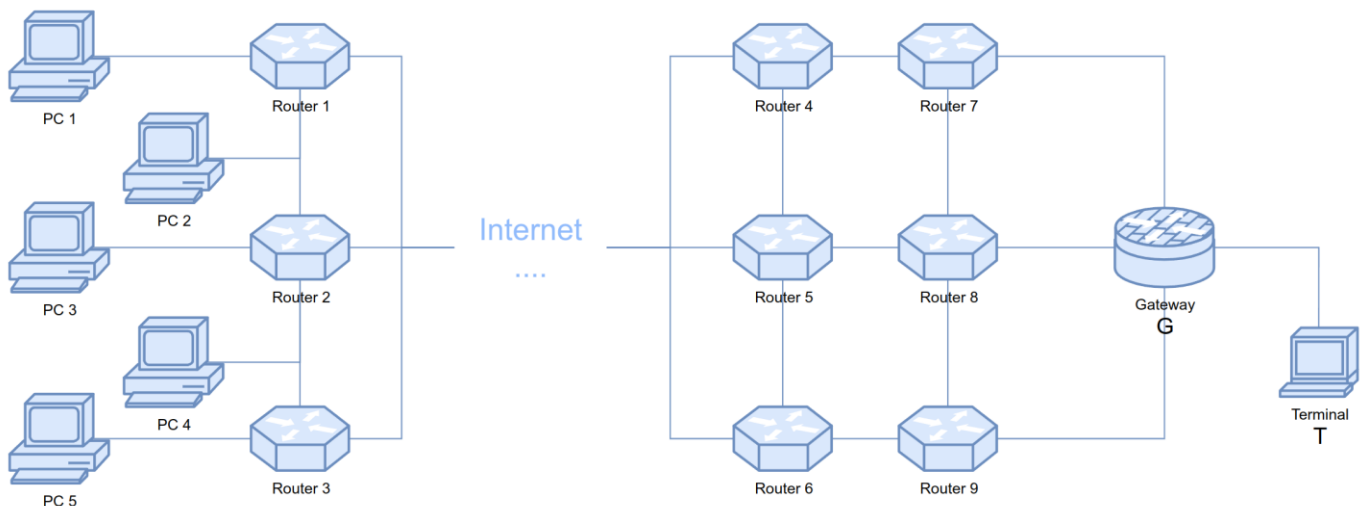


Рис. 3 – Улучшенная структура сети ресурсного доступа

На рисунке 4 представлен временной график доставки пакетов в узел G в зависимости от начального числа пакетов. При этом, здесь отображены графики с разным размером буферов для хранения пакетов (прямой – 5, штрихпунктирный – 10, пунктирный – 50).

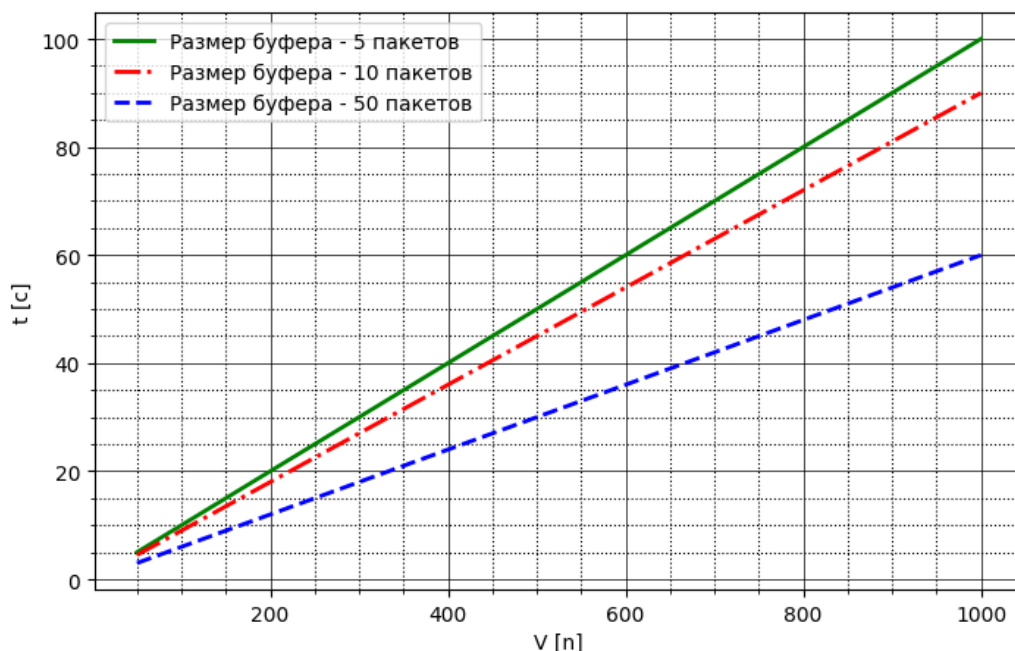


Рис. 4 – График зависимости времени доставки пакетов от их количества в улучшенной структуре

Из графика видно, что временная зависимость в данных условиях проявляет себя слабее при одинаковом объеме передаваемых данных.

Адаптация политики передачи

Чтобы проиллюстрировать применимость предложенной структуры оценки сети, мы сперва формулируем проблему сосуществования, когда когнитивная сеть формирует свою стратегию доступа к каналу, чтобы избежать конфликтов с другими узлами, работающими в сети. Структура, представленная в этой статье, предоставляет сети возможность изучать параметры, управляющие динамикой маршрутизации, предсказывать будущее состояние сети и, возможно, управлять взаимодействиями, вызванными помехами (для беспроводной сети) в описанной сложной сетевой среде. Нужно отметить, что этот сценарий представляет собой только пример широкого спектра приложений, доступных с нашей структурой сетевого анализа.

Чтобы обеспечить возможность прогнозирования и управления, необходимо построить условную вероятность будущей траектории доступа к каналу как функцию предыдущих наблюдений и действий когнитивной сети. Для этого предлагается включить в модель булеву случайную переменную u_t , отражающую решение когнитивного узла передавать ($u_t = 1$) или хранить молчание ($u_t = 0$) в слоте t . Эта переменная повлияет на статистику будущего состояния сети и, следовательно, на количество передающих узлов η_t . Важно отметить, что для вычисления этой вероятности потребуется сопоставить историю наблюдений с распределением состояний. Однако, как мы предположили в разделе 4, получить точную параметрическую идентификацию всех узлов не всегда возможно из-за двух факторов: низкой информативности наблюдаемого сигнала и отличия истинной функции правдоподобия от ее аппроксимации. Влияние обоих факторов неодинаково для разных параметрических областей.

Первый фактор играет основную роль, когда рассматриваемая сеть работает в экстремальных или близких к экстремальным режимам. Когда трафик поступает редко, а передачи скудны, последующая частота коллизий низка, и, следовательно, количество информации о максимальных параметрах отсрочки в данной выборке также невелико. И наоборот, когда поступление трафика настолько частое, что буферы пакетов на передатчиках редко опустошаются или, что еще хуже, большую часть времени заполняются до предела, а информация о параметре скорости поступления практически отсутствует ни в одной из выборок.

Другой фактор присутствует из-за функции квазиправдоподобия, которую можно использовать для аппроксимации истинного правдоподобия выборки. Хотя трудно предсказать негативное влияние этого упущения на качество параметрической оценки, разумно ожидать, что отклонение от истинного правдоподобия обычно растет с увеличением частоты столкновений.

Будущая работа

В этой статье рассматривается оценка параметров трафика и протокола, определяющих динамику сети ресурсного доступа, в которой несколько терминалов совместно используют ресурс канала. Исследовательские результаты, представленные здесь, открывают новый класс когнитивных сетей и подчеркивают ограничения прямой оценки как из-за пропускной способности канала наблюдения, так и из-за неизбежных приближений, вызванных сложностью. Чтобы сделать шаг вперед в когнитивных технологиях, необходимо будет создать необходимые компоненты и алгоритмы.

1. Информационный канал: информация, передаваемая наблюдениями, должна быть тщательно изучена в связи с реализованными сетевыми протоколами и параметрами. Это исследование позволит разработать специфичные для сценария функции и классы оценщиков.

2. Гетерогенные протоколы (для беспроводных сетей). В сетях следующего поколения узлы могут динамически адаптировать свои протоколы передачи к конкретному обслуживаемому приложению. Хотя предлагаемая методология применима к такому сценарию, необходимо знать количество терминалов, реализующих протокол из каждого семейства, для выполнения соответствующего динамического программирования. Следовательно, должны быть разработаны алгоритмы определения семейства протоколов, активно используемых в сети, для предоставления этой

информации алгоритму, оценивающему параметры.

Также стоит рассмотреть случай, когда допущение об единообразии протоколов передачи не выполняется. Предлагаемый подход можно адаптировать к этой постановке, сформулировав задачу так, чтобы, во-первых, каждый из рассматриваемых протоколов удовлетворял принципу оптимальности Беллмана для вероятностей состояний терминалов, чтобы сделать вероятность передачи узла вычислимой (для фиксированной последовательности коллизий) через динамическое программирование, как в уравнениях (2) – (8); а во-вторых, параметризации этих протоколов объединяются в общее пространство параметров (например, путем объединения их вместе и добавления новых категориальных параметров, указывающих, какой из протоколов используется для каждого узла). Новая параметризация может предотвратить использование алгоритмов на основе градиента и может потребовать применения методов комбинаторной оптимизации.

3. Изменяющиеся во времени сетевые параметры. Алгоритмы оценки должны учитывать сценарий, в котором параметры трафика и протокола изменяются с течением времени в ответ на изменения среды или приложений. Предлагаемый алгоритм можно адаптировать к этому случаю, добавив дополнительные переменные состояния, отслеживающие основное приложение и состояние сети. Параметры, моделирующие динамику этих переменных, могут быть оценены в большем временном масштабе. Несоответствие между прогнозируемой и наблюдаемой траекторией сети можно использовать для выявления крупномасштабных изменений состояния.

4. Альтернативы полной параметрической идентификации. Для решения проблемы адаптации политики передачи представляет интерес изучить подходы, которые не требуют оценок процессов поступления и передачи пакетов на всех узлах, что позволяет избежать полной параметрической идентификации. Такие подходы могут быть более надежными, поскольку они потребуют оценки меньшего числа параметров, которые, кроме того, могут иметь большее значение для решений по адаптации. Полная параметрическая идентификация может, однако, быть адекватной в других задачах, например, возникающих в состязательных условиях, когда обнаружение конкретных комбинаций процессов приема-передачи является самоцелью. Кроме того, параметрическая идентификация может информировать об определении стоимостных функций, предназначенных для настройки обмена для конкретных приложений и обеспечения взвешенного трафика.

Заключение

В представленной статье предложена основа для анализа сетевых операций в когнитивных сетях ресурсного доступа, а также улучшения структуры существующих центральных сетей ресурсного доступа. Алгоритм оценивает параметры трафика и протокола передачи, управляющего процессами передачи пользовательских терминалов в сложном сетевом сценарии с буферизацией пакетов и случайным доступом к каналу. Предполагается, что минимальная информация доступна для наблюдения когнитивным терминалом. Для этого сложного сценария предлагаемый алгоритм может точно реконструировать свойства наблюдаемого сигнала и оценить параметры трафика в некоторых областях параметров с приемлемой вычислительной сложностью. Оцененные параметры предоставляют когнитивным терминалам возможность прогнозировать динамику сетей и контролировать взаимодействия, вызванные задержками или помехами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Черный С.А. Использование нейронных сетей для моделирования когнитивных структур / С.А. Черный, А.В. Шестаков. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 12. – С. 114–117.
2. Гущин А.В. Методы распределения ресурсов в сетях когнитивного радио / А.В. Гущин, В.Л. Литвинов. // Труды учебных заведений связи. – 2016. – № 3. – С. 31–35.
3. Mitola J. Cognitive radio: an integrated agent architecture for software defined radio / J. Mitola // Stockholm : Royal Institute of Technology, 2000. – 100 p.
4. Clancy T. Predictive dynamic spectrum access / T. Clancy, B. Walker // Forum Technical Conference. – 2006.
5. Yarkan S. Binary time series approach to spectrum prediction for cognitive radio / S. Yarkan, H. Arslan // IEEE 66th Vehicular Technology Conference. – 2007. – P. 1563-1567.
6. Bianchi G. Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function / G. Bianchi // IEEE Journal on Selected Areas in Communications, – 2000. – Vol. 18 – № 3. – P. 535–547.
7. Whitehouse K. Exploiting the capture effect for collision detection and recovery / K. Whitehouse, A. Woo, F. Jiang et al. // Proceedings of the 2nd IEEE workshop on Embedded Networked Sensors. – 2005. – P. 45–52.
8. Lee J.K. An experimental study on the capture effect in 802.11a networks / J.K. Lee, W. Kim, S.J. Lee et al. // Proceedings of the second ACM international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation and characterization. ACM. – 2007. – P. 19–26.
9. Tan C.C. On first-order Markov modeling for the Rayleigh fading channel / C.C. Tan, N.C. Beaulieu // IEEE Transactions on Communications. – 2000. – Vol. 48 – № 12. – P. 2032–2040.
10. Badia L. A channel representation method for the study of hybrid retransmission-based error control / L. Badia, M. Levorato, M. Zorzi // IEEE Trans. on Communications. – 2009. – Vol. 57. – № 7. – P. 1959–1971.
11. Levorato M. A learning framework for cognitive interference networks with partial and noisy observations / M. Levorato, S. Firouzabadi, A. Goldsmith // IEEE Trans. on Wireless Communications. – 2011. – Vol. 11. – № 9. – P. 3101–3111.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Cherny S.A. Ispolzovaniye neyronnykh setey dlya modelirovaniya kognitivnykh struktur [The use of neural networks for modeling cognitive structures] / S.A. Cherny, A.V. Shestakov. // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International research journal]. – 2019. – № 12. – P. 114–117. [in Russian]

2. Gushchin A.V. Metody raspredeleniya resursov v setyakh kognitivnogo radio [Resource allocation methods in cognitive radio networks] / A.V. Gushchin, V. L. Litvinov // Trudy uchebnykh zavedeniy svyazi [Proceedings of educational institutions of communication]. – 2016. – № 3. – P. 31–35. [in Russian]
3. Mitola J. Cognitive radio: an integrated agent architecture for software defined radio / J. Mitola // Stockholm : Royal Institute of Technology, 2000. – 100 p.
4. Clancy T. Predictive dynamic spectrum access / T. Clancy, B. Walker // Forum Technical Conference. – 2006.
5. Yarkan S. Binary time series approach to spectrum prediction for cognitive radio / S. Yarkan, H. Arslan // IEEE 66th Vehicular Technology Conference. – 2007. – P. 1563-1567.
6. Bianchi G. Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function / G. Bianchi // IEEE Journal on Selected Areas in Communications, – 2000. – Vol. 18 – № 3. – P. 535–547.
7. Whitehouse K. Exploiting the capture effect for collision detection and recovery / K. Whitehouse, A. Woo, F. Jiang et al. // Proceedings of the 2nd IEEE workshop on Embedded Networked Sensors. – 2005. – P. 45–52.
8. Lee J.K. An experimental study on the capture effect in 802.11a networks / J.K. Lee, W. Kim, S.J. Lee et al. // Proceedings of the second ACM international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation and characterization. ACM. – 2007. – P. 19–26.
9. Tan C.C. On first-order Markov modeling for the Rayleigh fading channel / C.C. Tan, N.C. Beaulieu // IEEE Transactions on Communications. – 2000. – Vol. 48 – № 12. – P. 2032–2040.
10. Badia L. A channel representation method for the study of hybrid retransmission-based error control / L. Badia, M. Levorato, M. Zorzi // IEEE Trans. on Communications. – 2009. – Vol. 57. – № 7. – P. 1959–1971.
11. Levorato M. A learning framework for cognitive interference networks with partial and noisy observations / M. Levorato, S. Firouzbadi, A. Goldsmith // IEEE Trans. on Wireless Communications. – 2011. – Vol. 11. – № 9. – P. 3101–3111.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.003>

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ MATHCAD В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧАХ ПО ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

Обзорная статья

Бегункова Н.О.*

ORCID: 0000-0001-5069-9604,

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (natali-beg[at]mail.ru)

Аннотация

В статье рассматривается возможность применения математических систем при исследованиях в области деревообработки, когда требуется выполнять большое количество математических операций и вычислений различного уровня сложности. Основной акцент сделан на применении математического пакета Mathcad для подробного описания решения двух исследовательских задач в области деревообработки, а также показаны возможности данного пакета для графической интерпретации результатов, полученных при решении одной из задач. Можно сказать, что в пакете Mathcad подобные задачи решаются достаточно быстро, поскольку он имеет понятный, удобный и простой пользовательский интерфейс, что позволяет снизить временные затраты на проведение однообразных вычислений вручную.

Ключевые слова: исследование, деревообработка, Mathcad.

EXPERIENCE OF MATHCAD APPLICATION TO WOODWORKING RESEARCH PROBLEMS

Review article

Begunkova N.O.*

ORCID: 0000-0001-5069-9604,

Pacific State University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (natali-beg[at]mail.ru)

Abstract

The article considers the possibility of application of mathematical systems in research in the sphere of wood processing, when it is necessary to perform numerous mathematical operations and calculations of various levels of complexity. The main emphasis is placed on the application of the mathematical package Mathcad for detailed description of the solution of two research problems in the sphere of wood processing; the possibilities of this package for graphical interpretation of the results obtained when solving one of the problems are also shown. The Mathcad package can be said to solve such problems promptly, since it has a simple and user-friendly interface, which allows reducing the time required to perform repetitive calculations manually.

Keywords: research, wood processing, Mathcad.

Введение

Последние годы цифровизация исследовательских работ развивается достаточно быстро. При этом для выполнения разнообразных инженерных расчетов в современных научных исследованиях привлекаются различные прикладные программные продукты: CAD-, CAM-, CAE-системы [1]. Применение таких продуктов ускоряет и облегчает процесс обработки экспериментальных данных, предоставляет широкие возможности для их визуализации и построения виртуальных моделей объектов исследования, что сегодня является актуальным вопросом для совершенствования процессов деревообработки.

Основная часть

Комплексное использование древесного сырья является необходимым условием повышения конкурентоспособности продукции деревообрабатывающей промышленности [2]. Этому во многом способствует также постоянный поиск путей совершенствования технологий изготовления изделий из древесины [3], [4]. В связи с этим проводятся различные научно-исследовательские эксперименты, достаточно трудоемкие и требующие, как правило, соответствующего оборудования и древесных ресурсов.

Однако сегодня все в большей степени исследования проводятся виртуально на математических моделях, имитирующих соответствующие технологические процессы. В ходе их осуществления очень часто приходится иметь дело с обработкой достаточно сложных и порою объемных математических вычислений: нахождение многочисленных коэффициентов полинома, описывающего характер изменения какой-либо исследуемой характеристики материала [3], [4] (например, толщины древесно-стружечных плит в зависимости от условий прессования), применение кратных интегралов для расчета объемов тел сложной формы (например, пустотелого бруса, брусьев переменного сечения) и т. п.

В связи с этим все чаще используются возможности современных программных продуктов, в том числе математических систем, предоставляющих пользователю широкий спектр инструментов и средств визуализации для работы с математическими выражениями различного уровня сложности. К ним можно, в частности, отнести Mathcad, Maple, Matlab и другие подобные системы [5], [6], [7], [8]. У каждой из них есть свои особенности, преимущества и недостатки, знание и учет которых помогает выбрать более подходящую из них для решения той или иной поставленной задачи [1], [9].

Одной из таких задач являлось вычисление объема пустотелого бруса, состоящего из сегментов переменного сечения. Такой брус можно получить из тонкомерного сырья и использовать в качестве полноценного

конструкционного пиломатериала, используемого в том числе в деревянном домостроении. На рисунке 1 представлена схема получения такого бруса при продольном раскрое круглого лесоматериала параллельно его оси. Необходимость расчета объема такого бруса связана с последующим использованием данного показателя при расчете массы бруса и его нагрузки в различных конструкциях.

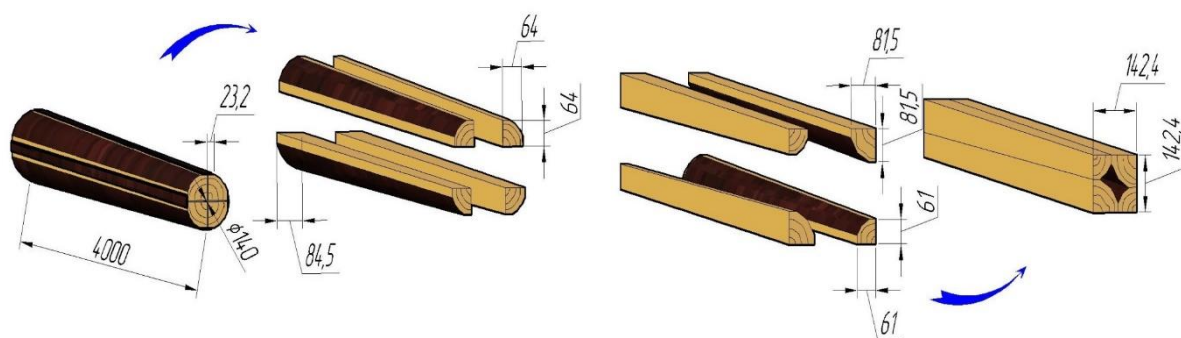


Рис. 1 – Схема получения пустотелого бруса

Предполагая, что круглый лесоматериал, из которого изготавливается пустотелый брус, представляет собой усеченный конус, от которого с четырех сторон отсекаются параллельно образующей горбыли, можно воспользоваться известной формулой объема усеченного конуса и приложением интегрального исчисления для определения объема тела вращения. В итоге после ряда математических преобразований получаются следующие выражения:

$$V_{бр}^п = \frac{\pi L}{12} (d_b^2 + d_b \cdot d_k + d_k^2) - 4V_{\Gamma}^{сб} \quad (1)$$

$$V_{\Gamma}^{сб} = V_{\Gamma}^{ос} - \left(\int_{x_1}^{x_2} \int_{-\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{\frac{L(x_2 - x)}{x_2 - x_1}} dz dy dx + 2 \int_{x_1}^{x_2} \int_{-\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{H - \frac{2H}{d_k} \sqrt{x^2 + y^2}} dz dy dx \right) \quad (2)$$

$$V_{\Gamma}^{ос} = \int_{x_1}^{\frac{d_k}{2}} \int_{-\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{H - \frac{2H}{d_k} \sqrt{x^2 + y^2}} dz dy dx - \int_{x_1}^{\frac{d_b}{2}} \int_{-\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_k^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{H - L - \frac{2(H-L)}{d_b} \sqrt{x^2 + y^2}} dz dy dx \quad (3)$$

где $V_{бр}^п$ – объем пустотелого бруса; L – длина круглого лесоматериала; d_b , d_k – диаметр круглого лесоматериала соответственно в вершинной и в комлевой его частях; $V_{\Gamma}^{сб}$, $V_{\Gamma}^{ос}$ – объем горбыли, отпиливаемого параллельно соответственно образующей или оси бревна; x_1 , x_2 – расстояние между осью бревна и плоскостью пиления горбыли соответственно в вершинной и комлевой частях бревна; H – величина, рассчитываемая по формуле:

$$H = L \frac{d_k}{d_k - d_b} \quad (4)$$

Значения для расстояний x_1 и x_2 вычисляются по формулам:

$$x_1 = \frac{d_b}{2} - \frac{d_b - \sqrt{d_b^2 - t_{min}^2}}{2} = \frac{\sqrt{d_b^2 - t_{min}^2}}{2}, \quad x_2 = \frac{d_k}{2} - \frac{d_b - \sqrt{d_b^2 - t_{min}^2}}{2} \quad (5)$$

$$t_{min} = 2b + h_{\pi} \quad (6)$$

где b – ширина фаски склеивания, h_{π} – толщина пропила.

Подставляя требуемые исходные данные в выражения (1)–(6) рассчитывается объем пустотелого сырого бруса, состоящего из сегментов переменного сечения, образующихся при продольном раскрое круглого лесоматериала параллельно его оси.

Если пустотелый брус планируется получать из сегментов постоянного сечения, то продольный раскрой бревна будет выполняться параллельно его образующей. В этом случае при расчете объема этого бруса необходимо в

выражении (1) вычесть еще объем $V_{\text{ост}}^{\text{сб}}$ получаемого в центре бревна при таком раскрое остатка клиновидной формы, который можно определить из следующих выражений:

$$V_{\text{ост}}^{\text{сб}} = \frac{L}{3} \cdot \left[(d_{\text{к}} - d_{\text{в}}) \left(2d_{\text{к}} - 2d_{\text{в}} + 3\sqrt{d_{\text{в}}^2 - t_{\text{мин}}^2} \right) + 3h_{\text{п}} \left(d_{\text{к}} - d_{\text{в}} + 2\sqrt{d_{\text{в}}^2 - t_{\text{мин}}^2} \right) \right] - V_{\text{ус.п.}} \quad (7)$$

$$V_{\text{ус.п.}} = \frac{L}{3} \cdot \left[(d_{\text{к}} - d_{\text{в}} + h_{\text{п}})^2 + h_{\text{п}}^2 + h_{\text{п}} \cdot (d_{\text{к}} - d_{\text{в}} + h_{\text{п}}) \right] \quad (8)$$

Вычитая этот объем $V_{\text{ост}}^{\text{сб}}$ из значения, полученного по формуле (1):

$$V_{\text{бр}}^{\text{п}} = \frac{\pi L}{12} (d_{\text{в}}^2 + d_{\text{в}} \cdot d_{\text{к}} + d_{\text{к}}^2) - 4V_{\text{Г}}^{\text{сб}} - V_{\text{ост}}^{\text{сб}} \quad (9)$$

определяют объем пустотелого сырого бруса, состоящего из сегментов постоянного сечения, получающихся при продольном раскрое круглого лесоматериала параллельно его образующей.

Очевидно, что проведение расчетов вручную по представленным формулам (1)–(9) довольно трудоемко. Поэтому возникает необходимость использования соответствующих программных продуктов.

В данном случае удобнее всего воспользоваться инструментами, предоставляемыми математическим пакетом Mathcad, отличающимся от других подобных систем прежде всего возможностью набора формул и функций в привычной математической нотации (деление, умножение, квадратный корень, интеграл и т. д.), не требующей изучения нового синтаксиса или наличия навыков программирования, а также интуитивно понятным для пользователя интерфейсом [5].

Поэтому, запустив математический пакет Mathcad, достаточно ввести в привычном нам виде приведенные выше математические выражения (1)–(9), задав предварительно требуемые исходные данные: длину бревна, его диаметр в комле и в вершине, ширину фаски склеивания и толщину пропила. Листинг документа Mathcad, вычисляющего объем пустотелого бруса, состоящего из сегментов переменного сечения, представлен на рисунке 2.

Таким образом, изменяя значения исходных данных, сразу вычисляется объем пустотелого сырого бруса, значение которого можно использовать для дальнейших технологических и конструктивных расчетов.

Возможностями системы Mathcad целесообразно пользоваться и для нахождения математического описания поверхностей древесных материалов различной формы [6], что позволит не только получить графическую интерпретацию этих поверхностей, но и исследовать влияние отдельных факторов на свойства данных материалов.

Примером может служить работа по определению влияния асимметричной температуры плит пресса для управления конструкцией древесно-стружечных плит. При этом изучается зависимость величины покоробленности древесно-стружечных плит от температуры и температурной асимметрии на плитах с однородной и асимметричной конструкцией [10]. Полученные числовые значения покоробленности можно использовать для математического описания поверхности таких плит. Для этого воспользовались стандартным уравнением поверхности второго порядка:

$$z(x, y) = ax^2 + by^2 + dxy + hx + ky + m \quad (10)$$

коэффициенты a, b, d, h, k, m которого находились путем решения системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} at_{1,1} + bt_{1,2} + dt_{1,3} + ht_{1,4} + kt_{1,5} = t_{1,6} - m \\ at_{2,1} + bt_{2,2} + dt_{2,3} + ht_{2,4} + kt_{2,5} = t_{2,6} - m \\ at_{3,1} + bt_{3,2} + dt_{3,3} + ht_{3,4} + kt_{3,5} = t_{3,6} - m \\ at_{4,1} + bt_{4,2} + dt_{4,3} + ht_{4,4} + kt_{4,5} = t_{4,6} - m \\ at_{5,1} + bt_{5,2} + dt_{5,3} + ht_{5,4} + kt_{5,5} = t_{5,6} - m \\ at_{6,1} + bt_{6,2} + dt_{6,3} + ht_{6,4} + kt_{6,5} = t_{6,6} - m \end{cases} \quad (11)$$

где $t_{i,1}$, $i = 1, 2, \dots, 6$, – значение координаты x i -ой точки, возведенное в квадрат; $t_{i,2}$ – значение координаты y i -ой точки, возведенное в квадрат; $t_{i,3}$ – произведение координат x и y i -ой точки; $t_{i,4}$ – значение координаты x i -ой точки; $t_{i,5}$ – значение координаты y i -ой точки; $t_{i,6}$ – значение координаты z i -ой точки. При этом точки характеризуют замеры покоробленности плиты в определенных местах для тех или иных условий прессования.

Исходные данные:

$$d_{\text{в}} := 0.14 \quad L := 4 \quad d_{\text{к}} := 0.18 \quad b := 0.05 \quad h_{\text{п}} := 0$$

$$H := L \cdot \frac{d_{\text{к}}}{d_{\text{к}} - d_{\text{в}}} = 18 \quad t_{\text{min}} := 2 \cdot b + h_{\text{п}} = 0.1$$

$$x1 := \frac{\sqrt{d_{\text{в}}^2 - t_{\text{min}}^2}}{2} = 0.049 \quad x2 := \frac{d_{\text{к}}}{2} - \frac{d_{\text{в}} - \sqrt{d_{\text{в}}^2 - t_{\text{min}}^2}}{2} = 0.069$$

$$V_{\Gamma_{\text{oc}}} := \left| \int_{x1}^{\frac{d_{\text{к}}}{2}} \int_{-\frac{\sqrt{d_{\text{к}}^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_{\text{к}}^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{\frac{-2 \cdot H}{d_{\text{к}}} \cdot \sqrt{x^2 + y^2} + H} 1 \, dz \, dy \, dx \right| - \left| \int_{x1}^{\frac{d_{\text{в}}}{2}} \int_{-\frac{\sqrt{d_{\text{в}}^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_{\text{в}}^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{\frac{-2 \cdot (H-L)}{d_{\text{в}}} \cdot \sqrt{x^2 + y^2} + H - L} 1 \, dz \, dy \, dx \right| = 1.117 \times 10^{-2}$$

$$V_{\Gamma_{\text{сб}}} := V_{\Gamma_{\text{oc}}} - \left| \int_{x1}^{x2} \int_{-\frac{\sqrt{d_{\text{к}}^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_{\text{к}}^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{\frac{L \cdot (x2-x)}{x2-x1}} 1 \, dz \, dy \, dx \right| + 2 \cdot \left| \int_{x1}^{x2} \int_{-\frac{\sqrt{d_{\text{к}}^2 - 4x^2}}{2}}^{\frac{\sqrt{d_{\text{к}}^2 - 4x^2}}{2}} \int_0^{\frac{-2 \cdot H}{d_{\text{к}}} \cdot \sqrt{x^2 + y^2} + H} 1 \, dz \, dy \, dx \right| = 6.175 \times 10^{-3}$$

Объем пустотелого бруса, состоящего из сегментов переменного сечения

$$V_{\text{бр}_\text{п}} := \pi \cdot \frac{L}{12} \cdot (d_{\text{в}}^2 + d_{\text{в}} \cdot d_{\text{к}} + d_{\text{к}}^2) - 4 \cdot (V_{\Gamma_{\text{сб}}}) = 0.056$$

Рис. 2 – Листинг документа Mathcad для расчета объема пустотелого бруса

Решать подобные системы линейных уравнений также позволяет математический пакет Mathcad, предлагающий на выбор несколько методов: матричный, Гаусса или с помощью одной из функций – Isolve, Find или Minerr. На рисунке 3 представлен листинг документа Mathcad, отображающего нахождение решение системы линейных уравнений матричным способом и последующее получение уравнения соответствующей поверхности, описывающей покоробленность одной из исследуемых древесно-стружечных плит.

Номер плиты 1_1

точки 1, 4, 5, 3, 13

ORIGIN := 1

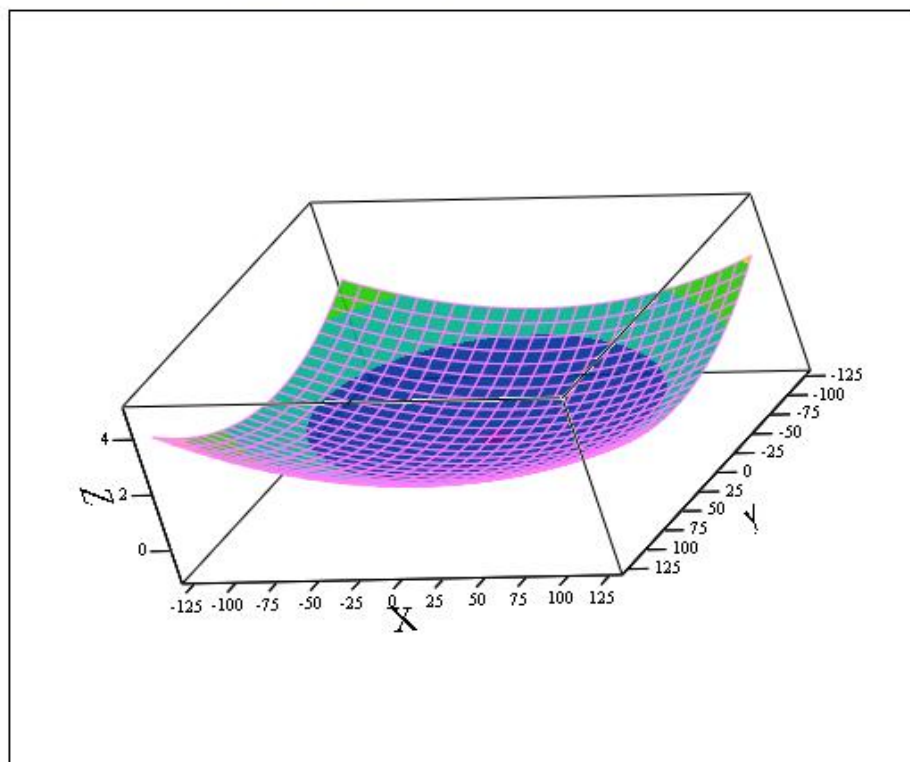
$$A := \begin{pmatrix} 15625 & 0 & 0 & 125 & 0 \\ 0 & 15625 & 0 & 0 & 125 \\ 0 & 15625 & 0 & 0 & -125 \\ 15625 & 0 & 0 & -125 & 0 \\ 10000 & 2500 & 5000 & -100 & -50 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 1.98 \\ 1.35 \\ 1.52 \\ 1.45 \\ 1.03 \end{pmatrix} \quad t := A^{-1} \cdot b = \begin{pmatrix} 1.098 \times 10^{-4} \\ 9.184 \times 10^{-5} \\ -2.384 \times 10^{-5} \\ 2.12 \times 10^{-3} \\ -6.8 \times 10^{-4} \end{pmatrix}$$

$$z1(x,y) := t_1 \cdot x^2 + t_2 \cdot y^2 + t_3 \cdot x \cdot y + t_4 \cdot x + t_5 \cdot y$$

$$z1(x,y) := 1.098 \times 10^{-4} \cdot x^2 + 9.184 \times 10^{-5} \cdot y^2 - 2.384 \times 10^{-5} \cdot x \cdot y + 2.12 \times 10^{-3} \cdot x - 6.8 \times 10^{-4} \cdot y$$

Рис. 3 – Листинг документа Mathcad для определения покоробленности плиты

Помимо этого, в Mathcad можно построить графическую интерпретацию полученного математического описания покоробленности этой древесно-стружечной плиты (см. рисунок 4).

$$F := \text{CreateMesh}(z1, -125, 125, -125, 125, 25, 25)$$


F

Рис. 4 – Поверхность, описывающая покособленность плиты

Однако надо отметить, что применение Mathcad для решения исследовательских задач деревообработки не всегда оправдано. Это касается, в частности, задач, связанных, например, с построением виртуальной объемной модели бревна, позволяющей отображать внутреннюю структуру годовичных слоев, а также их текстуру, получаемую при продольном раскрое бревна. Поскольку для решения подобных задач требуется как минимум написание полноценных программных алгоритмов, то в этом случае целесообразнее использовать математическую систему Matlab [1], [7], [9], которая, в отличие от Mathcad, предоставляет более широкие возможности для программирования с использованием достаточно развитого встроенного языка программирования, а также создания собственных приложений для моделирования и графической визуализации.

Заключение

Рассмотренные примеры использования пакета Mathcad показали эффективность его применения для решения исследовательских задач в области технологии деревообработки. Удобство интерфейса, широкие возможности данного математического пакета для обработки результатов научных исследований и их графической иллюстрации позволяют существенно сократить время обработки экспериментальных данных, полученных в ходе проведения различных исследований в деревообработке, а также избежать ошибок при осуществлении расчетов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Будовская Л.М. Введение в математические пакеты : учебное пособие / Л.М. Будовская, В.И. Тимонин. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 36 с.
2. Исаев С.П. Определение оптимальных размеров полого бруса квадратного сечения / С.П. Исаев // Композиционные материалы на основе древесины: тез. докл. междунард. научно-техн. конф. – Москва : МГУЛ, 2000. – С. 67–68.
3. Пижурич, А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурич, М.С. Розенблит. – Москва : Лесн. Пром-сть, 1984. – 232 с.
4. Сафин Р.Г. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента : учебное пособие / Р.Г. Сафин, А.И. Иванов, Н.Ф. Тимербаев. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2013. – 156 с.
5. Кудрявцев Е.М. Mathcad 11: Полное руководство по русской версии / Е.М. Кудрявцев. – Москва : ДМК Пресс, 2005. – 592 с.
6. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15: Учебный курс / Е.Г. Макаров. – Санкт-Петербург : Питер, 2011. – 400 с.
7. Дьяконов В.П. MATLAB 7.* / R2006 / R2007: Самоучитель / В.П. Дьяконов. – Москва : ДМК Пресс, 2008. – 768 с.
8. Ануфриев И.Е. MATLAB 7 / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

9. Медведов В.Ю. Сравнительные характеристики пакетов Mathcad, Matlab, Maple в применении к решению учебных математических задач / В.Ю. Медведов // Дни науки: материалы межвузовской научно-технической конференции студентов и курсантов на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 8-21 апреля 2019 года. – Калининград : Изд-во КГТУ, 2019. – С. 439–444.

10. Плотников С.М. Исследование покоробленности древесностружечных плит с асимметричной структурой / С.М. Плотников // Известия вузов. Лесной журнал. – 1989. – № 1. – С. 49–53.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Budovskaja L.M. Vvedenie v matematicheskie pakety : uchebnoe posobie [Introduction to mathematics packages : manual] / L.M. Budovskaja, V.I. Timonin. – Moscow : MGTU im. N.J. Bauman, 2018. – 36 p. [in Russian]

2. Isaev S.P. Opredelenie optimal'nyh razmerov pologo brusa kvadratnogo sechenija [Determination of the optimal dimensions of a hollow square cant] / S.P. Isaev // Kompozicionnye materialy na osnove drevesiny: tez. dokl. mezhdunarod. nauchno-tehn. konf. [Composite materials based on wood: abstracts of reports of the international scientific and technical conference]. – Moscow : MGUL, 2000. – P. 67–68. [in Russian]

3. Pizhurin A.A. Issledovaniya processov derevoobrabotki [The researches of woodworking processes] / A.A. Pizhurin, M.S. Rozenblit. – Moscow : Lesn. Prom-st', 1984. – 232 p. [in Russian]

4. Safin R.G. Osnovy nauchnyh issledovanij. Organizacija i planirovanie jeksperimenta : uchebnoe posobie [Fundamentals of scientific research. Organization and planning of the experiment : manual] / R.G. Safin, A.I. Ivanov, N.F. Timerbaev. – Kazan' : KNITU publishing house, 2013. – 156 p. [in Russian]

5. Kudrjavcev E.M. Mathcad 11: Polnoe rukovodstvo po russkoj versii [Mathcad 11: Complete guide to the Russian version] / E.M. Kudrjavcev. – Moscow : DMK Press, 2005. – 592 p. [in Russian]

6. Makarov E.G. Inzhenernye raschety v Mathcad 15: Uchebnyj kurs [Engineering Calculations in Mathcad 15: Training course] / E.G. Makarov. – Saint-Petersburg : Piter, 2011. – 400 p. [in Russian]

7. D'jakonov V.P. MATLAB 7.*/R2006/R2007: Samouchitel' [MATLAB 7.*/R2006/R2007: Self-instruction manual] / V.P. D'jakonov. – Moscow : DMK Press, 2008. – 768 p. [in Russian]

8. Anufriev I.E. MATLAB 7 / I.E. Anufriev, A.B. Smirnov, E.N. Smirnova. – Saint-Petersburg : BHV-Peterburg, 2005. – 1104 p. [in Russian]

9. Medvedov V.J. Sravnitel'nye harakteristiki paketov Mathcad, Matlab, Maple v primenenii k resheniju uchebnyh matematicheskix zadach [Comparative characteristics of Mathcad, Matlab, Maple packages as applied to solving educational mathematical problems] / V.J. Medvedov // Dni nauki: materialy mezhvuzovskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii studentov i kursantov na baze FGBOU VO «Kalinigradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet» 8-21 aprelja 2019 goda [Days of Science: materials of the interuniversity scientific and technical conference for students and cadets on the basis of FSEI of HE «Kalinigrad State Technical University» April 8-21, 2019]. – Kaliningrad : KGTU publishing house, 2019. – P. 439–444. [in Russian]

11. Plotnikov S.M. Issledovanie pokoroblennosti drevesnostruzhechnykh plit s asimetrichnoj strukturoj [Research of warping of wood particle boards with asymmetric structure] / S.M. Plotnikov // Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal [Bulletin of higher educational institutions. Forestry journal]. – 1989. – № 1. – P. 49–53. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.004>**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО КЛОЧКА ПО РАБОЧЕМУ ЭЛЕМЕНТУ БАРАБАНА РАЗРЫХЛИТЕЛЯ-ОЧИСТИТЕЛЯ**

Научная статья

Хосровян А.Г.¹, Жукова А.А.², Хосровян И.Г.³, Хосровян Г.А.^{4,*}¹⁻⁴ Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Россия

* Корреспондирующий автор (khosrovyan_haik[at]mail.ru)

Аннотация

Работа посвящена теоретическим исследованиям сил, действующих на волокнистый клочок на рабочем элементе барабана разрыхлителя-очистителя в процессе его движения по рабочему элементу барабана разрыхлителя-очистителя. Результатом теоретических исследований явилось уравнение движения волокнистого клочка по поверхности рабочего элемента барабана разрыхлителя-очистителя на основе законов механики и аэродинамики, соотношение, при котором исключается условие зажгучивания в процессе разрыхления волокнистых клочков. На основании результатов экспериментальных исследований получены зависимости скорости витания волокнистого клочка от количества волокон в нем и скорости витания волокнистых клочков от их массы.

Ключевые слова: волокнистый клочок, разрыхлитель-очиститель, скорость витания, рабочий элемент барабана, разрыхление.

THEORETICAL RESEARCH OF THE MOVEMENT PROCESS OF A FIBROUS SHRED IN THE WORKING ELEMENT OF A DETERGENT-CLEANER DRUM

Research article

Khosrovyan A.G.¹, Zhukova A.A.², Khosrovyan I.G.³, Khosrovyan G.A.^{4,*}¹⁻⁴ Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia

* Corresponding author (khosrovyan_haik[at]mail.ru)

Abstract

The work is dedicated to theoretical studies of the forces acting on a fibrous shred on the working element of the detergent-cleaner drum during its movement. The result of theoretical research was the equation of motion of a fibrous shred on the surface of the working element of the detergent-cleaner drum based on the laws of mechanics and aerodynamics, a balance at which the condition of ignition during the loosening of fibrous shards is excluded. Based on the results of experimental studies, the dependence of the hovering velocity of a fibrous shred on the number of fibers in it and the detergent-cleaner of fibrous shards on their mass is obtained.

Keywords: fibrous shred, detergent-cleaner, detergent-cleaner, working element of the drum, loosening.

Лен стал практически единственным источником натурального волокна в нашей стране. Изделия из льна обладают лечебными свойствами. Они являются природными антисептиками, снижают риск сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Использование в интерьере жилых и производственных помещений льняных изделий и тканей (обоев, штор, портьер, обивки мебели, настенных панно и т.д.) способствует улучшению микроклимата, снижению зашумленности, уменьшению уровня аллергических заболеваний и т.д.

Нами разработана концепция составления технологической линии для производства инновационных материалов с использованием льноволокна. В зависимости от используемого сырья и установленного в линии технологического оборудования с обязательным включением разработанного нами оборудования, в том числе разрыхлителя-очистителя, можно получить новые виды материалов различного назначения [1], [2], [3].

Разработанный разрыхлитель-очиститель предназначен для переработки натуральных и химических волокон, в том числе котонизированных, а также их смесей.

Работа разрыхлителя-очистителя заключается в том, что волокна поступают в разрыхлитель-очиститель по патрубку и разрыхляются в свободном состоянии рабочими элементами барабана. Сорные примеси выделяются через отверстия в колосниковой решетке, затем через шлюзовой затвор отводятся по патрубку в систему удаления отходов. Пыль, выделенная из волокон во время разрыхления, осаждается на сетчатых фильтрах, а технологический воздух удаляется через патрубок. Разрыхленные и очищенные волокна выводятся из разрыхлителя-очистителя через отдельный патрубок. Небольшой размер рабочих элементов барабана обеспечивает разрыхление волокнистого материала на очень мелкие клочки, что способствует более эффективной обработке волокнистого материала на следующей машине.

Целью работы явилось теоретическое исследование процесса движения волокнистого клочка по рабочему элементу на рабочей поверхности барабана разработанного разрыхлителя-очистителя в процессе разрыхления, а также оптимизация геометрических параметров разрыхлителя-очистителя и его технологического режима.

Рассмотрим движение волокнистого клочка после ударного воздействия на него рабочего элемента барабана. Считаем, что здесь имеет место неупругий удар рабочего элемента барабана о волокнистый клочок, который в течение малого промежутка времени ударного воздействия находится на поверхности рабочего элемента. Затем в силу различных начальных условий волокнистый клочок может либо соскользнуть с поверхности рабочего элемента, либо вращаться вместе с ним, оставаясь на его поверхности. В последнем случае возможны два варианта:

- волокнистый клочок неподвижен относительно рабочего элемента;
- волокнистый клочок движется по поверхности рабочего элемента.

На рисунке 1 представлена схема расположения отдельного рабочего элемента на рабочей поверхности барабана разрыхлителя-очистителя. Положение рабочих элементов в системе координат OXY показано на рисунке 2.

Очевидно, что наибольшую опасность с точки зрения зажатывания волокнистых клочков представляет собой тот участок движения клочков, который располагается в верхней части камеры, так как на этом участке сила притяжения, действующая на клочок, направлена к поверхности барабана, а также участки, образованные рабочими элементами барабана, направленными навстречу поступлению в камеру волокнистых клочков. Проблема усугубляется при малых скоростях рабочего барабана, т.к. волокнистый клочок может задерживаться между рабочим элементом и поверхностью барабана.

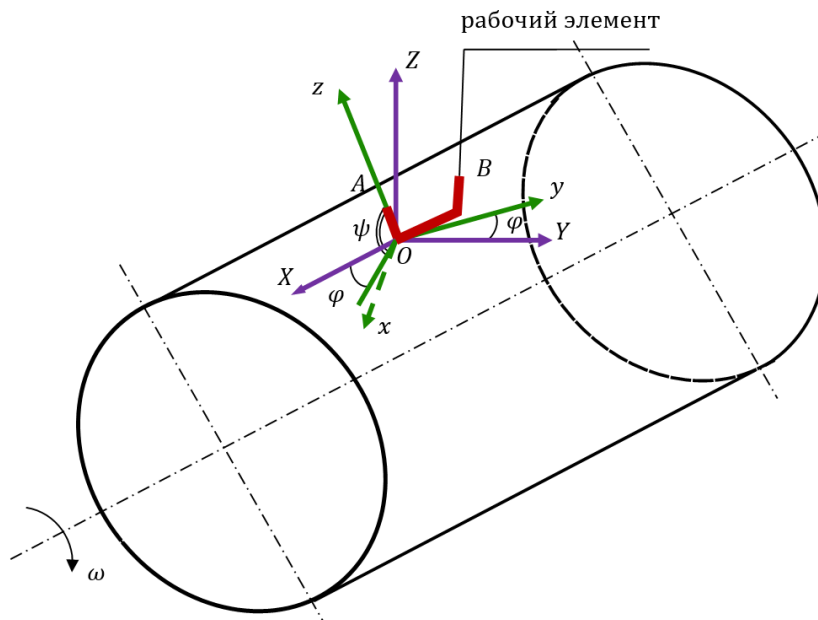


Рис. 1 – Схема расположения систем координат относительно рабочего элемента барабана разрыхлителя-очистителя

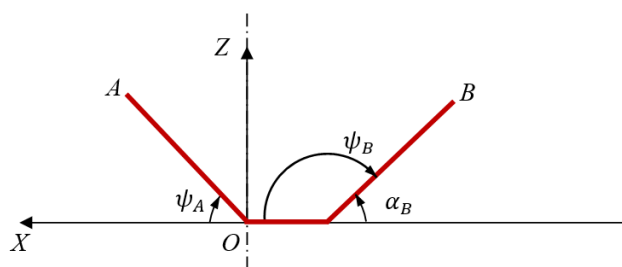


Рис. 2 – Положение рабочих элементов в системе координат OXY

Схема относительного расположения двух прямоугольных систем координат $OXYZ$ и $Oxyz$ представлена на рис. 3. Точка O является началом указанных систем координат. Она расположена в верхней точке на поверхности барабана. Кроме того точка O обозначает основание рабочего элемента, длина которого OA . Прямая OB образована пересечением плоскости Oxz и плоскости OXY .

Обозначим величину угла XOB через ϕ , а величину угла наклона оси Oz по отношению к плоскости OXY через ψ .

В процессе ударного взаимодействия волокнистого клочка с рабочим элементом барабана на волокнистый клочок массой m действуют следующие силы: центробежная сила \vec{F}_u , сила притяжения – $m\vec{g}$, сила трения – \vec{F}_{mp} , сила реакции опоры – \vec{N} , аэродинамическая сила – \vec{F}_a .

Модули векторов этих сил можно выразить формулами [6], [7], при этом предполагается, что центр масс клочка находится на рабочем элементе в точке M .

$$\begin{aligned} F_u &= m\omega^2 R_B; \\ F_a &= mg |\vec{V}_a - \vec{V}_{ком}| (\vec{V}_a - \vec{V}_{ком}) / V_{вит}^2; \\ F_{mp} &= kN, \\ \vec{F}_a &= mg |\vec{V}_a - \vec{V}_{ком}| (\vec{V}_a - \vec{V}_{ком}) / V_{вит}^2, \end{aligned}$$

где $\vec{V}_a, \vec{V}_{ком}$ – векторы скоростей воздуха и волокнистого клочка в системе координат OXY соответственно;

$V_{вит}$ – скорость витания волокнистого клочка;

k – коэффициент трения;

R_B – радиус барабана;

n_B – частота вращения барабана;

ω – угловая скорость вращения барабана.

Единичные орты системы координат $OXYZ$ обозначим через $\vec{e}_X, \vec{e}_Y, \vec{e}_Z$, а единичные орты системы координат $Oxyz$ обозначим через $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$.

$$\begin{aligned}\vec{e}_Y &= \vec{e}_1 \sin \phi \sin \psi + \vec{e}_2 \cos \phi + \vec{e}_3 \sin \phi \cos \psi; \\ \vec{e}_Z &= -\vec{e}_1 \cos \psi + \vec{e}_3 \sin \psi.\end{aligned}$$

Вектор скорости воздуха при условии, что он параллелен плоскости OXY :

$$\vec{V}_a = V_{a,X} \vec{e}_X + V_{a,Y} \vec{e}_Y.$$

Принимая, что вектор скорости волокнистого клочка параллелен оси OY :

$$\vec{V}_{ком} = V_{ком} \vec{e}_Y.$$

Тогда при расчете аэродинамической силы компонент вектора скорости воздуха относительно волокнистого клочка $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_a - \vec{V}_{ком}$ в системе координат $OXYZ$ имеет вид:

$$\begin{aligned}V_{отн,X} &= V_{a,X}; \\ V_{отн,Y} &= V_{a,Y} - V_{ком}.\end{aligned}$$

Вектор $\vec{V}_{отн}$ в системе координат $Oxyz$ имеет вид:

$$\begin{aligned}\vec{V}_{отн} &= V_{a,X} (\vec{e}_1 \cos \phi \sin \psi - \vec{e}_2 \sin \phi + \vec{e}_3 \cos \phi \sin \psi + \\ &+ (V_{a,Y} - V_{ком}) (\vec{e}_1 \sin \phi \cos \psi + \vec{e}_2 \cos \phi + \vec{e}_3 \sin \phi \cos \psi).\end{aligned}$$

Если обозначить $K_{вум} = g V_{отн} / V_{вум}^2$, то вектор аэродинамической силы примет вид:

$$\begin{aligned}\vec{F}_a &= m K_{вум} \left\{ [V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,X} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi] \vec{e}_1 + [-V_{a,X} \sin \phi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \cos \phi] \vec{e}_2 + \right. \\ &\quad \left. + [V_{a,X} \cos \phi \cos \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi] \right\}.\end{aligned}$$

А вектор центробежной силы можно определить по соотношению:

$$\vec{F}_y = m \omega^2 R_B \vec{e}_Z = m \omega^2 R_B (-\vec{e}_1 \cos \psi + \vec{e}_3 \sin \psi).$$

Определяем векторы силы притяжения и силы трения:

$$\begin{aligned}m \vec{g} &= -mg \vec{e}_z = mg (\vec{e}_1 \cos \psi - \vec{e}_3 \sin \psi); \\ \vec{F}_{mp} &= |\vec{F}_{mp}| \vec{e}_3.\end{aligned}$$

$$m\ddot{z} = mK_{\text{вум}} [V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{ком}}) \sin \phi \cos \psi] + m\omega^2 R_B \sin \psi - F_{\text{тр}} - mg \sin \psi.$$

Учитывая, что волокнистый клочок перемещается только по оси Oz , то есть $\ddot{x} = \ddot{y} = 0$, тогда модули составляющих вектора \vec{N} определяются по формулам:

$$N_1 = \left\{ -K_{\text{вум}} [V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{ком}}) \sin \phi \cos \psi] - g \cos \psi + \omega^2 R_B \cos \psi \right\} m;$$

$$N_2 = \left\{ -K_{\text{вум}} [-V_{a,X} + (V_{a,Y} - V_{\text{ком}}) \cos \phi] \right\} m.$$

Уравнение движения волокнистого клочка принимает вид

$$\ddot{z} = K_{\text{вум}} [V_{a,X} \cos \phi \cos \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{ком}}) \sin \phi \cos \psi] + \omega^2 R_B \sin \psi - kN / m - g \sin \psi.$$

Так как $a = \ddot{z}$ и для исключения зависания (зажгучивания) волокнистого клочка на рабочем элементе должно быть выполнено соотношение $a > 0$.

То есть неравенство

$$K_{\text{вум}} [V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{ком}}) \sin \phi \cos \psi] + \omega^2 R_B \sin \psi - kN / m - g \sin \psi > 0.$$

является условием нахождения оптимальных параметров рабочих элементов барабана разрыхлителя-очистителя.

Рассмотрим вариант расположения рабочего элемента, когда $\phi = 0$. При этом условии величина N_1 / m равна:

$$N_{1,0} = \left\{ -K_{\text{вум}} [V_{a,X} \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{ком}}) \cdot 0 \cdot \cos \psi] - g \cos \psi + \omega^2 R_B \cos \psi \right\} m =$$

$$= \left\{ -K_{\text{вум}} V_{a,X} \sin \psi - g \cos \psi + \omega^2 R_B \cos \psi \right\} m.$$

Следовательно, в этом случае модуль реакции опоры \vec{N} равен:

$$N_0 = \left\{ (-K_{\text{вум}} V_{a,X} \sin \psi - g \cos \psi + \omega^2 R_B \cos \psi)^2 + K_{\text{вум}}^2 [-V_{a,X} + V_{a,Y} - V_{\text{ком}}]^2 \right\}^{0,5} m.$$

Таким образом, в этом случае

$$a = K_{\text{вум}} V_{a,X} \cos \psi + \omega^2 R_B \sin \psi - kN_0 / m - g \sin \psi.$$

Следовательно, при $\phi = 0$ условие исключения зажгучивания состоит в следующем:

$$K_{\text{вум}} V_{a,X} \cos \psi + \omega^2 R_B \sin \psi - kN_0 / m - g \sin \psi > 0.$$

Для определения максимальной массы клочка, а также соответствующей ей скорости витания клочка были выполнены экспериментальные исследования в верхней части камеры разрыхлителя-очистителя.

Анализируя результаты выполненных экспериментальных исследований в среде программного пакета MathCAD, было получено уравнение регрессии, отражающее эмпирическую зависимость скорости витания клочка от его массы:

$$V_{\text{вит}}(m_{\text{кл}}) = 0,291 + 0,095m_{\text{кл}}$$

В экспериментальных исследованиях использовалось устройство для аэродинамического съема клочков волокон с рабочих элементов барабана с целью определения степени разрыхленности волокнистого материала в разработанном разрыхлителе-очистителе, выхода отходов в угарную камеру и эффективности очистки волокнистых материалов в разрыхлителе-очистителе.

Степень разрыхленности волокнистого материала определялась с помощью разработанного устройства, которое устанавливалось на выходе из разрыхлителя-очистителя.

Устройство предназначено для аэродинамического съема клочков волокон с рабочего элемента барабана (рис. 4) на выходе из разрыхлителя-очистителя. Оно состоит из сопла 1, волокноотводящего канала 2, волокноприемника 3 в виде фильтра. Тяга воздуха осуществлялась вентилятором 4. Всасывающее сопло, скорость в котором достигала 40 м/с, устанавливалось в непосредственной близости от барабана 5 на расстоянии 1 мм от рабочих элементов барабана. Клочки волокон отсасывались на выходе из разрыхлителя-очистителя в течение 1 минуты.

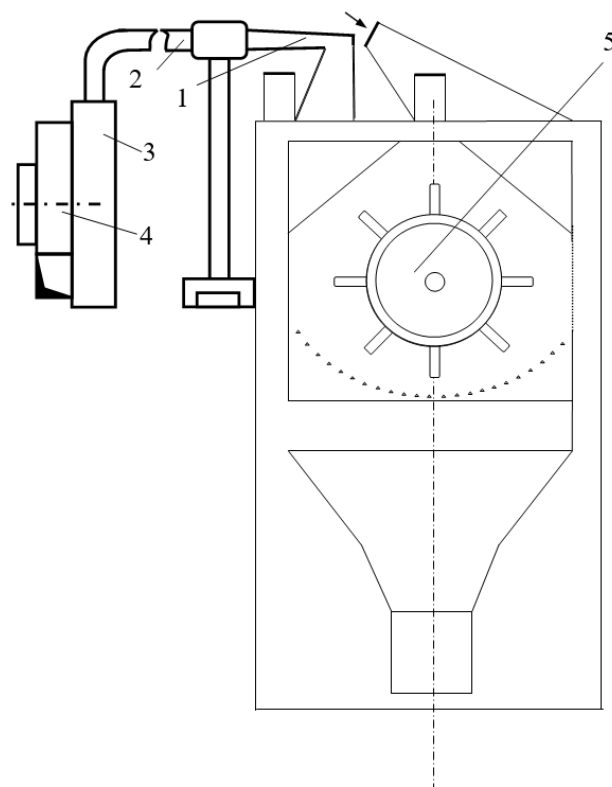


Рис. 4 – Устройство для аэродинамического съема клочков волокон с рабочих элементов барабана

В устройстве, схема которого представлена на рис. 4, воздушным потоком клочки волокон направлялись в фильтр, откуда затем они вынимались для исследования. Всего было отобрано 600 клочков, которые затем взвешивались.

В процессе экспериментальных исследований были определены масса клочков, их скорость витания и количество волокон в клочке.

На рис. 5 представлен график зависимости скорости витания волокнистого клочка от количества волокон в клочке $N_{ком}$. График построен на основе аппроксимации результатов с помощью математического пакета Mathcad.

График зависимости скорости витания волокнистых клочков от их массы представлен на рис. 6.

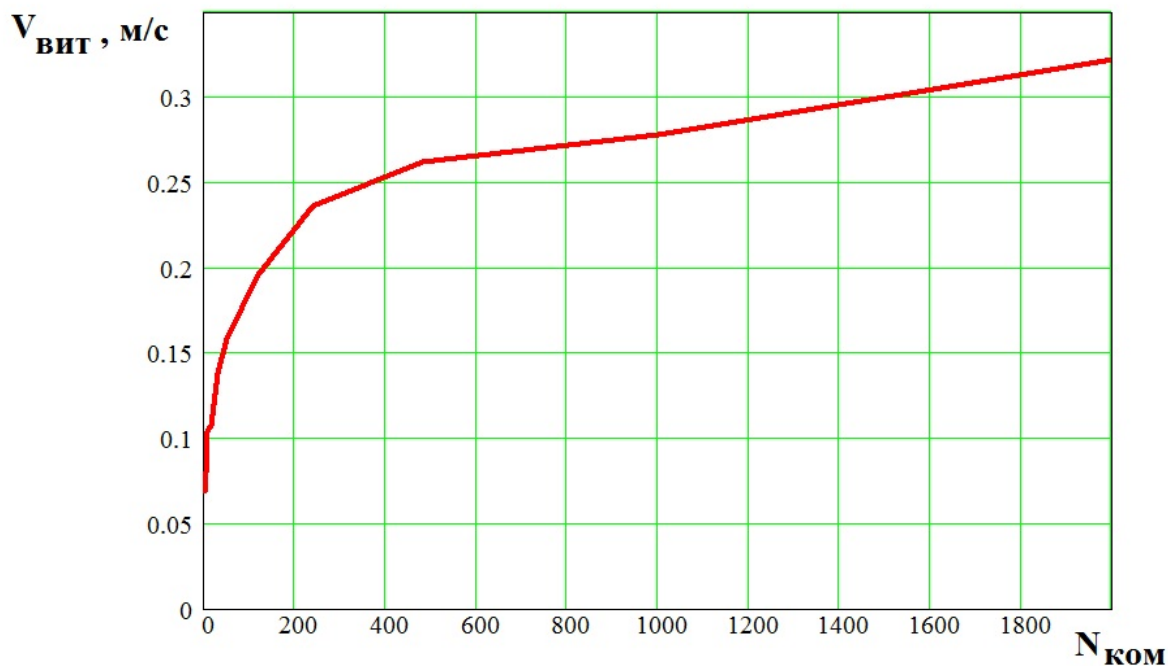


Рис. 5 – Зависимость скорости витания волокнистого клочка от количества волокон в нем

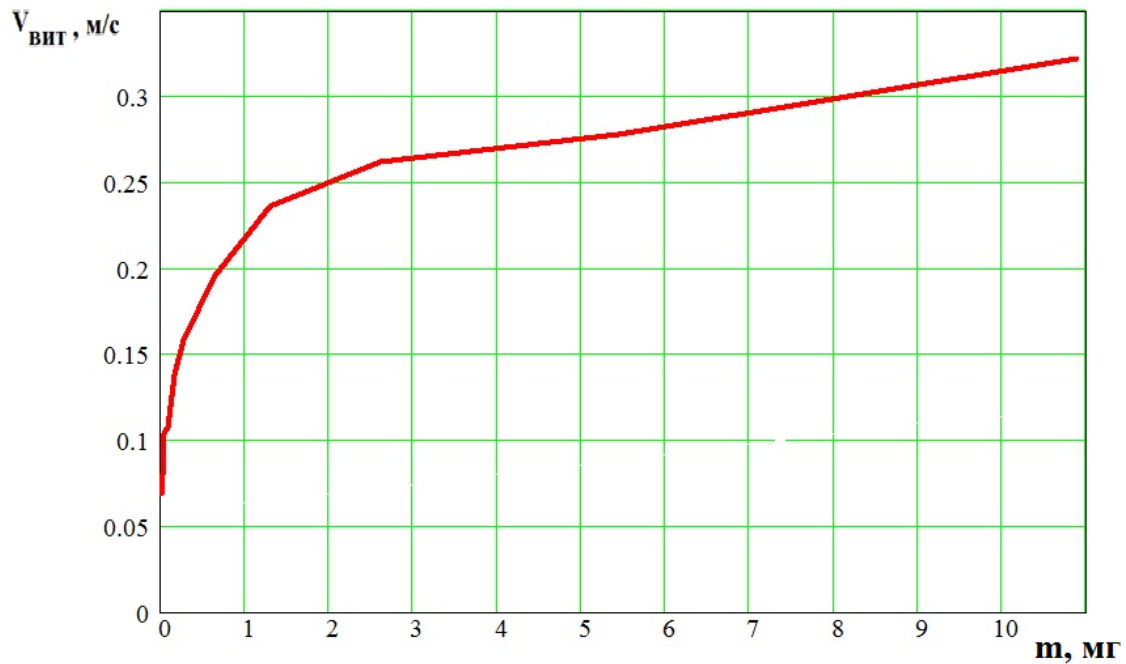
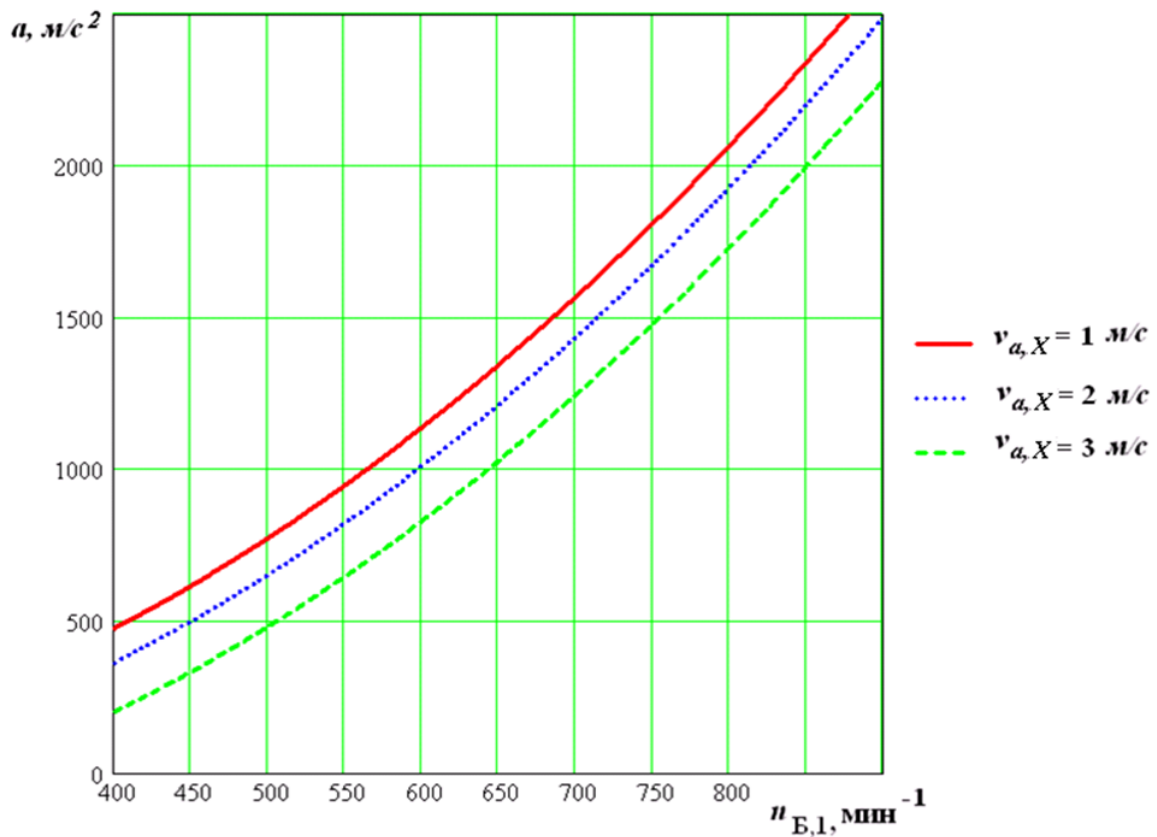
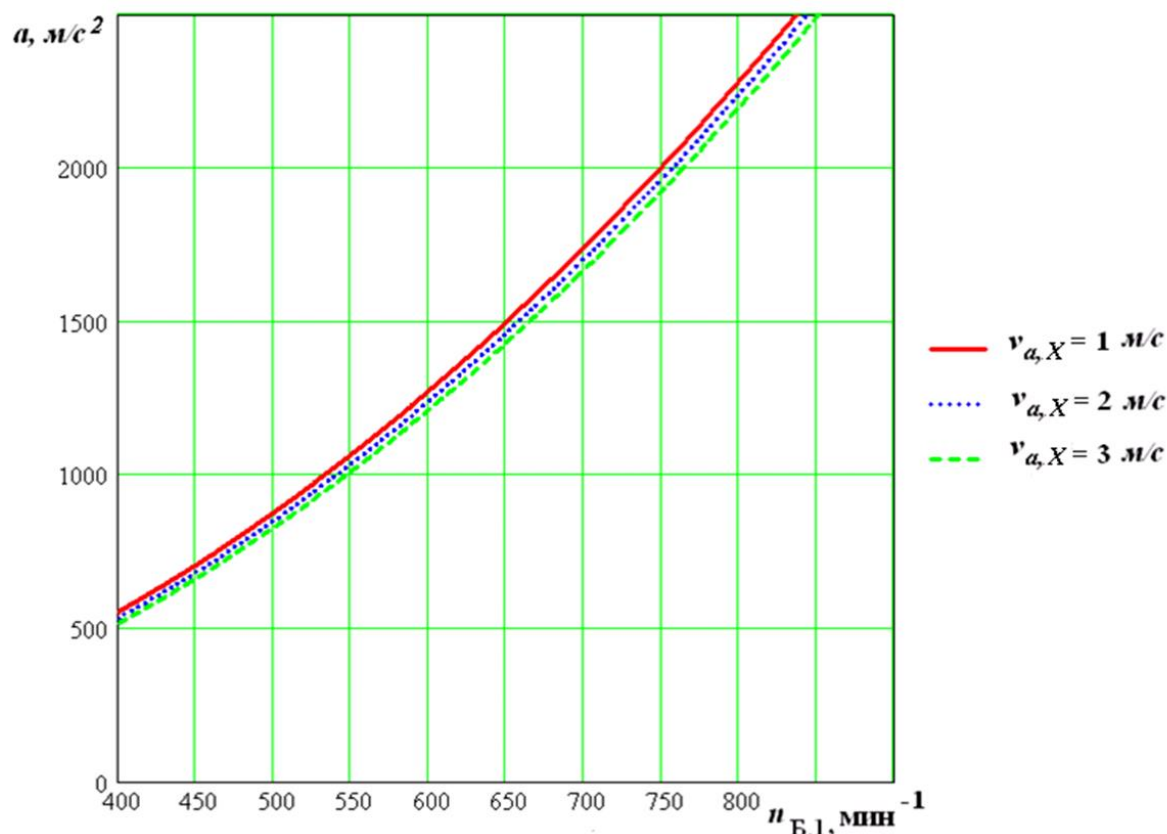


Рис. 6 – Зависимость скорости витания волокнистых клочков от их массы

На рис. 7 и 8 приведены результаты расчета ускорений волокнистого клочка a применительно к разработанному разрыхлительно-очистителю. Величина R_b принята равной 315 мм, а коэффициент трения $k = 0,36$. На рис. 7 показаны графики изменения величины ускорения a при $\psi = 45^\circ$, а на рис. 8 – при $\psi = 60^\circ$. Как следует из рис. 7 и 8 величина ускорения волокнистого клочка положительна. В этом случае можно утверждать, что волокнистый клочок направляется по рабочему элементу в сторону, противоположную осевому движению основного волокнисто-воздушного потока в камере разрыхлителя-очистителя.

Рис. 7 – График зависимости a от $n_{Б,1}$ при различных значениях от $v_{a,X}$ ($\varphi = 0^\circ$, $\psi = 45^\circ$)

Рис. 8 – График зависимости a от $n_{Б,1}$ при различных значениях от $v_{a,X}$ ($\varphi = 0^\circ$, $\psi = 60^\circ$)**Выводы**

1. Выполнены теоретические исследования процесса движения волокнистого клочка по рабочему элементу барабана разрыхлителя-очистителя.
2. Разработана методика расчета сил, действующих на волокнистый клочок на рабочем элементе барабана разрыхлителя-очистителя.
3. Выведено уравнение движения волокнистого клочка по поверхности рабочего элемента барабана разрыхлителя-очистителя на основе законов механики и аэродинамики.
4. Получено соотношение, при котором исключается условие зажгучивания в процессе разрыхления волокнистых клочков.
5. На основании результатов экспериментальных исследований получены зависимости скорости витания волокнистого клочка от количества волокон в нем и скорости витания волокнистых клочков от их массы.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и Департамента экономического развития и торговли Ивановской обл., проект № 20-43-370010.

Funding

The work was carried out with the financial support of the RFBR grant and the Department of Economic Development and Trade of the Ivanovo region, project No. 20-43-370010.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Жукова А.А. Разработка технологии и оборудования для подготовки полуфабрикатов из текстильных отходов и вторичного сырья и изготовления композиционных текстильных материалов различного назначения / А.А. Жукова, А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 6. – С. 184–188.
2. Хосровян А.Г. Совершенствование технологических процессов на смешивающих машинах в производстве новых текстильных материалов / А.Г. Хосровян, С.А. Егоров, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 1. – С. 172–176.
3. Хосровян А.Г. Инновационные разработки в области технологии и оборудования для производства композиционных волокнистых материалов / А.Г. Хосровян, И.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Научный журнал «GLOBUS» Технические науки. Том 7. – 2021. – № 1(37). – С. 35–39.
4. Хосровян А.Г. Движение волокнистых комплексов в процессе их аэродинамического съема в камере распределения / А.Г. Хосровян, И.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 3(105). – С. 84–88.
5. Хосровян А.Г. Математическое моделирование процесса очистки волокнистых материалов в разрыхлителе-очистителе / А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4(106). – С. 86–92.

6. Хосровян Г.А. Теория и практика очистки и подготовки полуфабриката к прядению / Г.А. Хосровян, Я.М. Красик. – Иваново : ИГТА, 1998. – 256 с.

7. Хосровян И.Г. Математическое моделирование движения волокнистого комплекса на колке барабана разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 4. – С. 85–88.

8. Хосровян И.Г. Результаты математического моделирования процесса столкновения волокнистого комплекса с колком разрыхлителя-очистителя / И.Г. Хосровян, М.А. Туvin, Г.А. Хосровян и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6. – С. 136–140.

9. Туvin М.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов / М.А. Туvin, И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 6. – С. 119–122.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zhukova A.A. Razrabotka tekhnologii i oborudovaniya dlya podgotovki polufabrikatov iz tekstil'nyh othodov i vtorichnogo syr'ya i izgotovleniya kompozicionnyh tekstil'nyh materialov razlichnogo naznacheniya [Development of technology and equipment for the preparation of semi-finished products from textile waste and secondary raw materials and the manufacture of composite textile materials for various purposes] / A.A. Zhukova, A.G. Khosrovyan, G.A. Khosrovyan // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology]. – 2021. – № 6. – P. 184–188. [in Russian]

2. Khosrovyan A.G. Sovershenstvovanie tekhnologicheskikh processov na smeshivayushchih mashinah v proizvodstve novykh tekstil'nyh materialov [Improvement of technological processes on mixing machines in the production of new textile materials] / A.G. Khosrovyan, S.A. Egorov, G.A. Khosrovyan // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology]. – 2020. – № 1. – P. 172–176. [in Russian]

3. Khosrovyan A.G. Innovacionnye razrabotki v oblasti tekhnologii i oborudovaniya dlya proizvodstva kompozicionnyh voloknistykh materialov [Innovative developments in the field of technology and equipment for the production of composite fibrous materials] / A.G. Khosrovyan, I.G. Khosrovyan, G.A. Khosrovyan // Nauchnyj zhurnal "GLOBUS". Tekhnicheskie nauki. Tom 7 [Research journal "GLOBUS". Technical sciences. Volume 7]. – 2021. – № 1(37). – P. 35–39. [in Russian]

4. Khosrovyan A.G. Dvizhenie voloknistykh kompleksov v processe ih aerodinamicheskogo s"ema v kamere raspredeleniya [Movement of fibrous complexes during their aerodynamic removal in the distribution chamber] / A.G. Khosrovyan, I.G. Khosrovyan, G.A. Khosrovyan // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2021. – № 3(105). – P. 84–88. [in Russian]

5. Khosrovyan A.G. Matematicheskoe modelirovanie processa ochistki voloknistykh materialov v razryhlitele-ochistitele [Mathematical modeling of the process of cleaning fibrous materials in a baking powder cleaner] / A.G. Khosrovyan, G.A. Khosrovyan // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2021. – № 4(105). – P. 86–92. [in Russian]

6. Khosrovyan G.A. Teorija i praktika ochistki i podgotovki polufabrikata k prjadeniju [Theory and practice of cleaning and preparation of semi-finished products for spinning] / G.A. Khosrovyan, Y.M. Krasik – Ivanovo : IGTA, 1998. – 256 p. [in Russian]

7. Khosrovyan I.G. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya voloknistogo kompleksa na kolke barabana razryhlitelya [Mathematical modeling of movement of a fibrous complex on spike of opener drum] / I.G. Khosrovyan, T.Y. Krasik, G.A. Khosrovyan // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology]. – 2013. – № 4. – P. 85–88. [in Russian]

8. Khosrovyan I.G. Rezul'taty matematicheskogo modelirovaniya processa stolknoveniya voloknistogo kompleksa s kolkom razryhlitelya-ochistitelya [Results of mathematical modeling of the process of collision of a fibrous complex with a chunk of baking powder-cleaner] / I.G. Khosrovyan, M.A. Tuvin, G.A. Khosrovyan et al. // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology]. – 2016. – № 6. – P. 136–140. [in Russian]

9. Tuvin M.A. Matematicheskoe modelirovanie aerodinamicheskoy rassortirovki volokon v ustrojstve dlya polucheniya mnogoslojnykh netkanykh materialov [Mathematical modeling of aerodynamic sorting of fibers in the device for producing multilayer nonwovens] / Tuvin M.A., Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti [Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology]. – 2015. – № 6. – P. 119–122. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.005>**КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ ПЕНЫ**

Научная статья

Самойлова С.С.^{1,*}, Тарасов В.Е.²¹ ORCID: 0000-0002-4391-6719;² ORCID: 0000-0001-9586-8563;¹ АО «Аванта», Краснодар, Россия;² Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

* Корреспондирующий автор (samoylova_ss[at]avnt.ru)

Аннотация

В настоящее время косметическая продукция гигиеническая моющая на основе поверхностно-активных веществ стандартизована по показателям пенообразования и устойчивости пены в качестве гарантии обеспечения очищающего действия при мытье кожи и волос водой. Такие очищающие средства традиционно относят к смываемым. Для них установлены предельные значения, ниже которых очищающее действие либо не достигается, либо средство имеет неудовлетворительные потребительские свойства. Однако, показатели количественной оценки способности средств вспениваться с водой (показатель пенообразования) и сохранять пену при мытье (устойчивость пены) никак не характеризуют качественные характеристики пены, являющейся в настоящее время важной эмоциональной и потребительской составляющей современных моющих гигиенических средств. Проанализированы существующие методики качественной оценки пены и выявлены их недостатки. Разработана новая методика определения качественных характеристик пены с учетом устранения выявленных недостатков. Предлагается создание устройства для определения объемной массы пены (плотность пены) в широком диапазоне температур для повышения воспроизводимости и точности определяемой величины. Предложено, помимо плотности, дополнительно оценивать характеристики пены, как коллоидной дисперсной системы, методикой микроскопирования, которая позволяет визуально оценивать ее дисперсность (моно- или поли-), степень однородности и прогнозировать природу «старения». Такой комплексный подход к изучению и оценке свойств пены создает возможности для направленной разработки продукции с заданными свойствами нового поколения, расширения ассортимента высококачественной продукции для потребителя, так как позволяет использовать продукты не только с целью достижения функции очищения, но и формирования приятных ощущений, эмоциональной радости и удовольствия при использовании.

Ключевые слова: пена, методика, гигиенические моющие средства, плотность, пенообразование, дисперсная система, дисперсность, степень однородности.

COMPLEX APPLICATION OF A NEW TECHNIQUE FOR DETERMINING THE VOLUME WEIGHT OF FOAM

Research article

Samoylova S.S.^{1,*}, Tarasov V.E.²¹ ORCID: 0000-0002-4391-6719;² ORCID: 0000-0001-9586-8563;¹ «Avanta» JSC, Krasnodar, Russia;² Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

* Corresponding author (samoylova_ss[at]avnt.ru)

Abstract

Today, hygienic washing cosmetic products based on surface-active components are standardized in terms of foaming and foam stability as a guarantee of providing a cleansing effect in washing skin and hair with water. Such cleansers are traditionally referred to as washable. Limit are set for them, below which the cleansing effect is either not achieved, or the product has unsatisfactory consumer qualities. However, the rates of quantitative assessment of the ability of the products to foam with water (foaming indicator) and retain foam when washing (foam stability) do not characterize the qualitative characteristics of foam, which is currently an important emotional and consumer component of modern cleansers. The existing methods of qualitative assessment of foam are analyzed, and their cons are established. A new method for determining the qualitative characteristics of foam has been developed, taking into account the elimination of the identified faults. It is proposed to create a device for determining the volume mass of foam (foam density) in a wide temperature range to increase the reproducibility and accuracy of the determined value. It is proposed, in addition to density, to evaluate the characteristics of foam as a colloidal dispersed system by microscope observation, which allows you to visually assess its dispersion (mono- or poly-), the degree of homogeneity and predict the nature of "aging". Such a complex approach to the study and evaluation of foam properties creates opportunities for the targeted development of products with the specific properties of a new generation, expanding the range of high-quality consumer products as it allows the use of products not only to achieve the cleansing function, but also to give pleasant sensations, emotional joy and pleasure in their usage.

Keywords: foam, methodology, hygienic cleansers, density, foaming, dispersed system, dispersion, degree of homogeneity.

Введение

Гигиенические моющие средства стали верными атрибутами нашей повседневной жизни. Ежедневно мы используем значительные количества жидкого мыла, гелей для душа, пены для ванн и других продуктов не только для очищения, но и для получения удовольствия в сочетании с любимыми водными процедурами. Дети не представляют себе купание без воздушной и ароматной пены.

Коллоидная химия представляет пену как высококонцентрированную дисперсную систему, воздушно-жидкостную, образованную молекулами ПАВ, на границе раздела фаз [1]. Пузырьки воздуха заперты в жестком каркасе из пленки, такая конструкция обладает устойчивостью и поэтому не распадается сразу после образования [2], [3], [4], [5].

Структуры пен разнообразны и определяются формой пузырьков, размерами и упаковкой [6]. Дисперсная фаза пены имеет сферическую и многогранную (полиэдрическую) форму [7]. Можно также различить ячеистую структуру пены, возникающую в момент перехода сферической формы пузырьков в полиэдрическую [8], [9], [10], [11].

Между пузырьками при этом располагаются пленки жидкости, образующие так называемые треугольники Плато. Под углом, близким к 120° , жидкие пленки сходятся в многогранники, образуя стенки пузырьков. Утолщения в местах соприкосновения называются каналами. Треугольники формируются в поперечном сечении, в указанных каналах. Узел образуется в месте схождения четырех каналов в одной точке. Из каналов и узлов формируется вся структура пены [12], [13], [14].

Основной функцией пены традиционно является удаление загрязнений с поверхности кожи и волос. В ее присутствии происходит дробление, диспергирование загрязнений и втягивание их в пену за счет капиллярных сил [15].

Материалы и методы

В настоящее время пенообразование и устойчивость пены является стандартными показателями качества всех моющих средств, используемых для гигиенического очищения.

Существуют следующие методики определения характеристик пены:

- ГОСТ 22567.1-77 «Средства моющие синтетические метод определения пенообразующей способности»;
- измерение первоначального объема пены по методу ВНИИЖ, определение кратности;
- определение показателя устойчивости пены по ГОСТ 50588-2012 «Пенообразователи для тушения пожаров».

Общие технические требования и методы испытаний

Сущность метода определения пенообразующей способности по ГОСТ 22567.1-77 заключается в определении высоты столба пены, образующейся при свободном падении 200 см³ водного раствора испытуемого средства с высоты 900 мм на поверхность такого же раствора [16]. Однако данная методика не позволяет измерить плотность пены.

Сущность метода определения кратности и показателя устойчивости пены по ГОСТ 50588-2012 заключается в измерении массы до и после заполнения пеной емкости для сбора пены с последующим вычислением кратности пены и определением показателя ее устойчивости [17].

Недостатком данной методики является отсутствие приспособления для определения объемной массы пены при изменении температуры. Создание пены с помощью генератора пены требует для анализа большие объемы анализируемого образца, что делает не приемлемым данный метод при анализе продуктов, относящихся к масложировой и парфюмерно-косметической отрасли.

Сущность метода измерения первоначального объема пены по методу ВНИИЖ заключается в приготовлении 0,5% мыльного раствора, который помещают в воронку прибора, закрывают ее пробкой и встряхивают в течение 1 мин (около 180 встряхиваний), после быстро вынимают пробку и сразу измеряют объем пены в делительной воронке и ее конусной части.

Недостатком устройства является отсутствие возможности проведение определения объемной массы пены при разных температурных значениях, что приводит к ограниченной области его применения. Расположение электродвигателя и редуктора устройства для создания пены в верхней части штатива влияет на воспроизводимость показателей, так как при работе прибора происходят не только возвратно-поступательные движения делительной воронки, но и колебательные. Конструкция штатива и верхнее расположение привода влияет на долговечность использования прибора.

Результаты и обсуждения

На сегодняшний день тенденции рынка косметических средств диктуют нам качественно новые функции пены, связанные с ее способностью влиять на органолептические ощущения. Прежде всего, это наши тактильные ощущения мягкости, нежности, шелковистости плотности, кремнистости при нанесении очищающих средств, а также визуальные образы желаемых форм, объемов, воздушности в пенах для ванн. В настоящее время, помимо смываемых гигиенических моющих средств, все большей популярностью пользуются у потребителей продукты способные образовывать несмываемую пену (освежающие пенки для полости рта, пенки для ухода за телом и т. д.).

Для того, чтобы соответствовать постоянно возрастающим требованиям потребителей, необходимо разрабатывать все новые и новые виды пенообразующих косметических средств. Они должны обладать не только очищающими свойствами с повышенным содержанием пены и ее длительной устойчивостью, но и увлажняющими, смягчающими свойствами с новыми необходимыми для потребителей дополнительными качественными характеристиками, такими как плотность пены, ее кремнистость, с приятным ощущением легкости при использовании. Для создания такой качественно новой пены используют качественно новые ПАВ, а также специальные усилители и стабилизаторы.

Таким образом, на первое место уже встает задача не только стандартизации количественного определения пены, но и ее качественной характеристики (объемной массы), которую необходимо измерять и стандартизировать.

В данный момент разработчик при разработке сложных пенных продуктов может ориентироваться только на внешний вид пены, что является субъективным показателем и не может объективно охарактеризовать выполнение заданной цели. Любая субъективная, не стандартизированная оценка приводит к увеличению времени разработки и не дает возможности выпуска продукта с неизменно стандартными показателями.

Мы разработали новую методику, решающую выше обозначенные проблемы, а также исследовали полученные пены микроскопированием.

Способ определения объемной массы пены

Учитывая все вышеизложенные недостатки методик, предлагается создание устройства для определения объемной массы пены в широком диапазоне температур для повышения воспроизводимости и точности определяемой величины.

Технический результат достигается использованием делительной воронки имеющей обечайку для подачи греющей воды, что обеспечивает поддержание необходимых температурных режимов для измерения. Конструктивное изменение расположения привода устройства в нижней части устройства с опорами в виде пластин позволит уйти от дополнительной вибрации во время работы прибора, что увеличит срок эксплуатации прибора.

Определение объемной массы пены, пенообразующую способность и устойчивость пены допускается проводить в интервале температур от 25 до 90 °С, при концентрациях растворов ПАВ от 0,1 до 10 г/см³ и жесткости воды от 0 до 7,14 мг•экв/см³. Устройство для определения объемной массы пены представлено на рисунке 1.

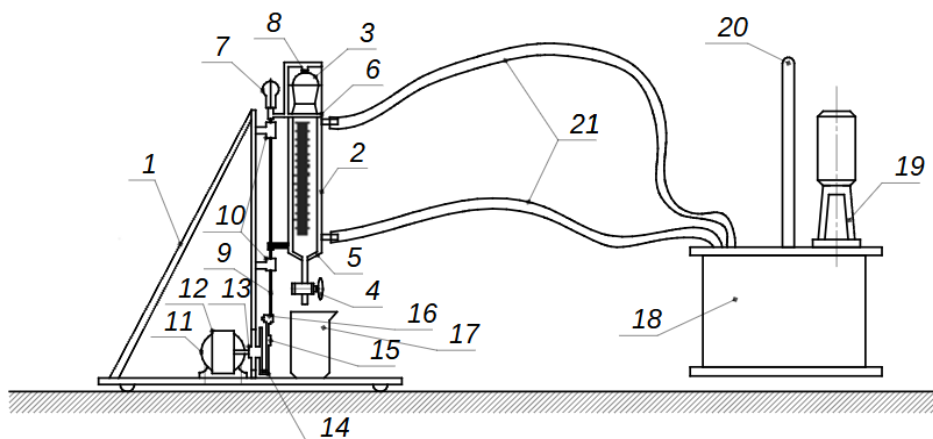


Рис. 1 – Устройство для определения объемной массы пены:

- 1 – штатив; 2 – воронка делительная объемом 500 см³ с двойной обечайкой; 3 – крышка с пришлифованным соединением; 4 – кран; 5 – неподвижная лапка; 6 – подвижная лапка; 7 – зажимная гайка; 8 – прижимная пружина; 9 – штанга; 10 – направляющие втулки; 11 – электродвигатель; 12 – редуктор; 13 – втулка вала редуктора; 14 – кривошипно-шатунный механизм; 15 – шатун; 16 – подшипник; 17 – химический стеклянный стакан; 18 – термостат; 19 – помпа; 20 – термометр; 21 – гибкие соединяющие шланги

Принцип действия установки заключается в том, что подготовленную пробу помещают в делительную воронку стандартного диаметра с ценой деления 1 мм и водяной рубашкой, которую соединяют с термостатом, обеспечивающим заданную температуру измерения. Исследуемый раствор выдерживают 5 – 10 мин для доведения температуры до заданной. Проводится встряхивание за счет электродвигателя в течение 1 минуты (около 180 встряхиваний). После проводим измерение столба пены в мм, устойчивости пены и плотности.

Методика включает в себя следующие стадии:

- приготовление рабочего раствора (0,5% раствор);
- отбор пробы (50 см³);
- взвешивание отобранной пробы на весах с установленной точностью;
- приготовление пены из отобранной пробы на устройстве рисунок 5;
- измерение высоты столба образовавшейся пены по числу делений в мм;
- выдерживание в течение 5 минут до отделения жидкости от пены, которую сливают и взвешивают с установленной точностью;
- измеряют высоту столба пены по числу делений в мм после удаления отделившейся жидкости, при этом в качестве физико-химической характеристики определяют устойчивость и плотность пены по формуле (1,2)

Расчеты показателей устойчивости и плотности пены:

Устойчивость пены вычисляют по формуле (1):

$$Y = \frac{H_5}{H_0} \quad (1)$$

где Y – устойчивость пены;

H_0 – начальная высота столба пены, мм;

H_5 – высота столба пены по истечению 5 мин, мм.

Плотность пены вычисляют по формуле (2):

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2)}{V} \quad (2)$$

где ρ – плотность пены, г/мм³;

m_1 – масса пробы рабочего раствора, г;

m_2 – масса отделившейся жидкости после выдерживания, г;

V – объем столба пены после выдерживания и удаления выделившейся жидкости, мм³, рассчитанный по формуле (3)

$$V = \pi \frac{d^2}{4} H_5 \quad (3)$$

где d – диаметр измерительной колонки, мм.

Если уровень столба пены имеет неровную поверхность, то за высоту столба пены принимают среднее арифметическое замеров максимальной и минимальной высот пены. Перед каждым новым определением мерный цилиндр промывают дистиллированной водой. Разница между диаметрами трубок отдельных приборов оказывает влияние на высоту образовавшегося столба пены. Поэтому для каждого прибора необходимо установить поправочный коэффициент, при помощи которого пересчитывают все полученные при измерениях значения на значения, отвечающие высоте столба пены, точно измеренной прибором с внутренним диаметром трубки 50 мм.

Поправочный коэффициент вычисляют по формуле

$$K = \frac{D_1^2}{2500} \quad (4)$$

Где D₁ – фактический внутренний диаметр испытуемого прибора, мм;

2500 = (50)² – внутренний диаметр трубки стандартного прибора в квадрате.

Были проведены измерения объемной массы пены (V, см³) модельных растворов лауретсульфата натрия, кокамидопропилбетаина, моностеарата глицерина, алкилбетаина, стеарат натрия.

За окончательный результат измерения принимают среднеарифметическое значение результатов трех параллельных измерений, проводимых каждый раз с новой порцией мыльного раствора.

Все результаты исследований по методике определения объемной массы пены приведены в таблице 1.

Таблица 1– Результаты исследования модельных растворов ПАВ

Наименование ПАВ	H ₀ , мм	H ₅ , мм	Y	V, см ³	m ₁ , г	m ₂ , г	ρ·10 ³ , г/см ³	T раствора, °C
Лауретсульфат натрия	143,0	135,9	0,95	266,7	48,0	35,43	47,13	40
Кокамидопропилбетаин	85,0	77,4	0,91	151,9	46,6	39,54	46,48	40
Моноглицериды жирных кислот (Моностеарат глицерина)	120,0	96,0	0,80	188,4	46,4	38,79	40,39	80
Алкилбетаин	135,0	108,0	0,80	212	47,2	44,98	10,47	40
Стеарат натрия	70,0	65,1	0,93	127,8	47,0	38,35	67,68	40

Результаты исследования модельных растворов ПАВ показывают, что природа ПАВ определяет способность образования пены с различной степенью плотности и устойчивости. Как правило, высокие показатели плотности пены сопровождаются высокими показателями устойчивости (стабильности во времени).

Данная методика была применена нами для индивидуальных ПАВ с различной природой, но на практике целесообразно изучать синергетические композиции ПАВ с наличием, помимо основных пенообразователей, также усилителей и стабилизаторов пен. На основе таких композиций можно разрабатывать новые конкурентоспособные продукты с высокими потребительскими свойствами.

Кроме того, поскольку данная методика позволяет проводить измерения в широком интервале температур, открываются широкие возможности проектировать составы и обеспечивать их высокие потребительские свойства непосредственно в процессе эксплуатации. Например, пенообразование шампуня важно оценивать при мытье волос в теплой воде (40 °C), синтетических моющих средств – как в холодной (20-25 °C), так и в горячей воде (более 40 °C), средства для стирки необходимо оценивать в различном диапазоне температурных режимов (от 20 до 90 °C).

Исследование пены под микроскопом

Мы провели исследования полученных пен под микроскопом с целью определения влияния природы ПАВ в определенный момент времени на характер и свойства пены. Для этого использовались образцы пен, полученные методикой определения объемной массы пены, после определения устойчивости пены (через 5 мин. после начала эксперимента). Фотографии пен под микроскопом Микромед 3 показаны на рисунке 2.

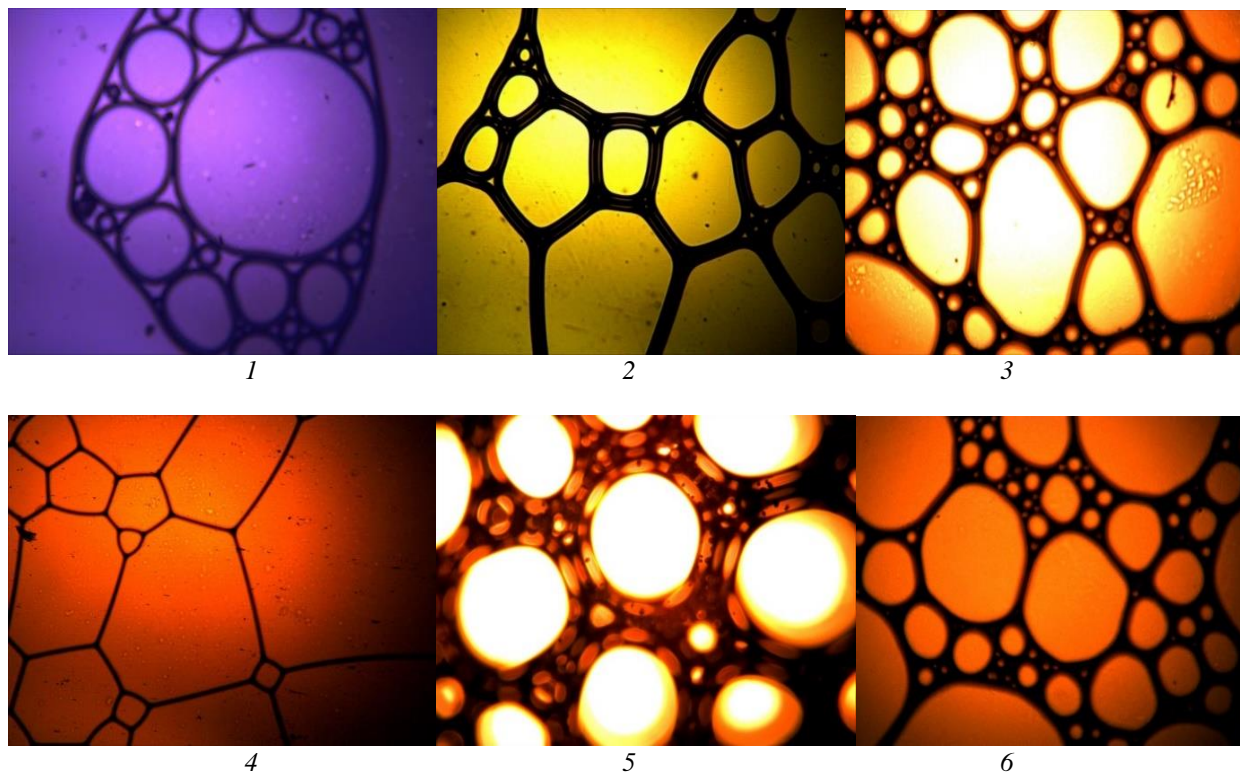


Рис. 2 – Вид пен ПАВ под микроскопом Микромед 3 увеличение 40х:

1 – лауретсульфат натрия; 2 – кокамидопропилбетаин; 3 – моностеарат глицерина; 4 – алкилбетаин; 5 – стеарат натрия; 6 – алкилполиглюкозид

Полученные результаты подтверждают взаимосвязь характера и свойств пены с природой ПАВ. Ниже в таблице 2 приведены основные характеристики тестируемых веществ, являющихся промышленным сырьем для производства пеномоющих продуктов [19], [21], [24], [27].

Таблица 2 – Основные характеристики тестируемых веществ

Характеристик и/ ПАВ	Лауретсульфат натрия	Кокамидопропил-бетаин	Моностеарат глицерина	Алкилбетаин	Стеарат натрия
Химическая формула	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3\text{Na}$	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{N}_2\text{O}_3$	$\text{C}_{21}\text{H}_{40}\text{O}_2(\text{OH})_2$	$\text{C}_{14}\text{H}_{29}\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{COO}^-$	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$
Структурная формула					
Молярная масса, г/моль	420	342,288	358,56	282,499	306,46
Вид	анионактивный	амфотерный	неионногенный	амфотерный	анионактивный
INCI	Sodium Laureth Sulfate	Cocamidopropyl Betaine	Glyceryl Stearate	Lauryl-Myristyl Betaine	Sodium Stearate
CAS №	68891-38-3	61789-40-0	123-94-4	66455-29-6	822-16-2
Пенообразующая способность, мм	143	85	120	135	70
Устойчивость пены	0,95	0,95	0,8	0,8	0,93
Функция	основной ПАВ	со-ПАВ	эмульгатор	со-ПАВ	основной ПАВ, эмульгатор, структурообразователь

Проанализировав под микроскопом вышеперечисленные пены растворов ПАВ, мы видим, что они все, являются полидисперсными, т. е. пузырьки газа имеют разные размеры. Чем меньше пузырек газа, тем больше в нем давление. Следовательно, во времени самопроизвольно идет процесс диффузии газа из маленьких пузырьков в большие, при этом маленькие пузырьки становятся еще меньше, а большие – увеличиваются, что приводит к изменению стабильности пены – говорят, «пена стареет». Чем больше различия в размерах пузырьков (больше степень полидисперсности), тем

меньше устойчивость пены и соответственно, чем меньше полидисперсность пены и разница в величине пузырей газа, тем пена более плотная и устойчивая.

Кроме степени полидисперсности на скорость разрушения пены влияет толщина жидких пленок; самопроизвольное отекание жидкости в пленке пены приводит к ее утончению и, в конце концов, к разрыву. Чем выше толщина пленки, тем больше устойчивость пены.

Методика микроскопирования позволяет помимо основных свойств (устойчивость и плотность), также оценить и характер пен (моно, или полидисперсность, степень однородности, природу «старения»).

Комплексное применение двух вышеуказанных методик значительно расширяет возможности направленной разработки пеномоющих продуктов с заданными свойствами, а также поможет разработчикам нового промышленного сырья выводить на рынок новые конкурентные продукты, широко востребованные в различных отраслях производства.

Заключение

1. Изучены существующие методики определения характеристик пены. Ни одна из методик не позволяет определять плотность пены при анализе продуктов, относящихся к масложировой и парфюмерно-косметической отрасли.

2. Предложен новый способ определения объемной массы пены, учитывающий все недостатки существующих методик.

3. Были проведены измерения объемной массы пены ($V, \text{см}^3$) и исследование пены под микроскопом модельных растворов лауретсульфата натрия, кокаmidопропилбетаина, моностеарата глицерина, алкилбетаина, стеарата натрия.

4. Полученные результаты позволяют увидеть влияние природы ПАВ на качественные характеристики пены.

5. Предложенная методика позволит получить воспроизводимые и более точные результаты качественного определения объемной массы пены продуктов, относящихся к масложировой и парфюмерно-косметической отрасли в широком диапазоне температур.

6. Данная методика, может применяться при разработке нового сырья с улучшенными свойствами для производства пеномоющей продукции.

7. Новая методика, может быть, использована как для косметических гигиенических смываемых моющих средств, так и для широкого ассортимента несмываемой пенообразующей продукции с различными действиями и эффектами.

8. Предложенная методика упростит разработку, даст возможность расширения потребительской полки новыми пенными продуктами с интересными для потребителей свойствами и будет способствовать улучшению качества выпускаемой продукции.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Зимон А.Д. Коллоидная химия: Учебник для вузов / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. – Москва : АГАР, 2001. – С.240-241.
2. Кругляков П.М. Пена и пенные пленки / П.М. Кругляков, Д.Р. Ексерова. – Москва : Химия, 1990. – 432 с.
3. Ross, J. An apparatus for comparison of foaming properties of soaps and detergents / J. Ross, G.D. Miles // Oil Soap. – 1941. – № 18. – P. 99–102. DOI: 10.1007/BF02545418.
4. Lunkenheimer K. Novel Method and Parameters for Testing and Characterization of Foam Stability / K. Lunkenheimer, K. Malysa, K. Winsel et al. // Langmuir. – 2010. – № 26. – P. 3883–3888. DOI:10.1021/la9035002.
5. Пат.№ 2191367 C1, RU, G01N 13/00. Способ определения дисперсности пены / Просеков А.Ю., Романов А.С., Просекова О.Е., Кандабаев В.В. – №2001105211/28; заявл. 23.02.2001; опубл. 20.10.2002.
6. Malysa K. Relationship between foam stability and surface elasticity forces: Fatty acid solutions / K. Malysa, R. Miller, K. Lunkenheimer // Colloids and Sur-faces. – 1991. – № 53. – P. 47-62. DOI:10.1016/0166-6622(91)80035-m.
7. Okesanjo O. Rheology of capillary foams / O. Okesanjo, M. Tennenbaum, A. Fernandez-Nieves et al. // Soft Matter. – 2020. – № 16. – Iss. 29. – P. 6725-6732. DOI:10.1039/D0SM00384K.
8. Klempner D. Handbook of polymeric foams and foam technology / D. Klempner, V. Sendjarevic. – Munich : Hensel Publishers, 1991. – P. 6–9.
9. Russev S.C. Instrument and methods for surface dilatational rheology measurements / S.C. Russev, N. Alexandrov, K.G. Marinova et al. // Review of Scientific Instruments. – 2008. – № 79. – P. 104. DOI:10.1063/1.3000569
10. Prud'homme R.K. Foams. Theory, Measurements, Applications / R. K. Prud'homme, S. A. Khan. – New York : Marcel Dekker, 1996. – Vol.57. – P. 381–412.
11. Schramm L.L. Foams: Basic Principles / L.L. Schramm, F. Wassmuth // Foams: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry. – 1994. Chapter 1. – P. 3–45. DOI: 10.1021/ba-1994-0242.ch001.
12. Бондаренко Ж.В. Пенообразование в водных растворах бинарных смесей анионного и неионогенного поверхностно-активных веществ / Ж.В. Бондаренко, Н.Ю. Адамцевич, И.О. Бруцкая // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – Минск : БГТУ, 2017. – № 2. – С. 127-131.
13. Stevenson P. Foam Engineering: Fundamentals and Applications / P. Stevenson. – New Zealand : John Wiley & Sons, 2012. – P. 75-95. DOI:10.1002/9781119954620.
14. Mittal K.L. Emulsions, Foams, and Thin Films / K.L. Mittal, P. Kumar. – New York : Marcel Dekker, 2000. – P. 206–209.
15. Пучкова Т.В. Основы косметической химии. Базовые ингредиенты. Т.1 / Т.В. Пучкова, Л.В. Самуйлова, А.И. Деев и др. – Москва : Школа косметических химиков, 2017. – 95–96 с.
16. ГОСТ 22567.1-77 Средства моющие синтетические метод определения пенообразующей способности. – Москва : Стандартинформ, 1986. – 6 с.

17. ГОСТ 50588-2012 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 23 с.
18. Пат. № 2762778, RU, C1. Устройство для определения качественных характеристик пены / Тарасов В.Е., Коробко С.С. / Куб. гос. технол. ун-т. Краснодар. – № 202111013; заявл. 09.04.2021; опубл. 22.12.2021. Бюл. № 36.
19. Pugh R.J. Experimental techniques for studying the structure of foams and froths / R.J. Pugh // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2005. – Vol. 114-115. – P. 239–251. DOI:10.1016/j.cis.2004.08.005.
20. Dollet B. Rheology of aqueous foams / B. Dollet, C. Raufaste // *C. R. Physique*. – 2014. – № 15. – P. 731–747. DOI:10.1016/j.crhy.2014.09.008.
21. Schick M.J. Foaming properties of nonionic detergents / M.J. Schick, E.A. Beyer // *The Journal of the American Oil Chemists Society* – 1963. – Vol. 40. – P. 66–68.
22. Тарасов В.Е. Использование новых видов ПАВ для расширения функциональных свойств современных косметико-гигиенических моющих средств / Тарасов В.Е., Петренко А.В. // *Austria-science*. – 2018. – Vol. 1. – № 14. – С. 32–36.
23. Denkov N. D. The role of surfactant type and bubble surface mobility in foam rheology / N. D. Denkov, S. Tcholakova, K. Golemanov et al. // *Soft Matter*. – 2009. – № 5. – P. 3389–3408. DOI:10.1039/b903586a.
24. Zhang L. Foams Stabilized by Surfactant Precipitates: Criteria for Ul-trastability / L. Zhang, L. Tian, H. Du et al. // *Langmuir*. – 2017. – P. 1–19. DOI:10.1021/acs.langmuir.7b01962.
25. Lakes R. Foam structures with a negative Poisson's ratio / R. Lakes // *Science*. – 1987. – Vol. 235. – P. 1038–1040. DOI:10.1126/science.235.4792.1038.
26. Langevin D. Influence of interfacial rheology on foam and emulsion properties / D. Langevin // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2000. – № 88. – P. 209–222. DOI:10.1016/s0001-8686(00)00045-2.
27. Santini E. A surface rheological study of non-ionic surfactants at the wa-ter-air interface and the stability of the corresponding thin foam films / E. Santini, F. Ravera, M. Ferrari et al. // *Colloids and Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*. – 2007. – № 298. – P. 12–21. DOI:10.1016/j.colsurfa.2006.12.004.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zimon A.D. Kolloidnaja himija [Colloid chemistry] / A.D. Zimon, N.F. Leshhenko. – Moscow : AGAR, 2001. – P.240-241. [in Russian]
2. Kryglyakov P.M. Foam and foam films / P.M. Kryglyakov, D.R. Ekserova. – Moscow : Chemistry, 1990. – 432 p. [in Russian]
3. Ross, J. An apparatus for comparison of foaming properties of soaps and detergents / J. Ross, G.D. Miles // *Oil Soap*. – 1941. – № 18. – P. 99–102. DOI: 10.1007/BF02545418.
4. Lunkenheimer K. Novel Method and Parameters for Testing and Characterization of Foam Stability / K. Lunkenheimer, K. Malysa, K. Winsel et al. // *Langmuir*. – 2010. – № 26. – P. 3883–3888. DOI:10.1021/la9035002.
5. Pat.№ 2191367 S1, RU, G01N 13/00. Sposob opredelenija dispersnosti peny [Method for determining the dispersion of foam] / Prosekov A.Ju., Romanov A.S., Prosekova O.E., Kandabaev V.V. – №2001105211/28; appl. 23.02.2001; publ. 20.10.2002. [in Russian]
6. Malysa K. Relationship between foam stability and surface elasticity forces: Fatty acid solutions / K. Malysa, R. Miller, K. Lunkenheimer // *Colloids and Sur-faces*. – 1991. – № 53. – P. 47-62. DOI:10.1016/0166-6622(91)80035-m.
7. Okesanjo O. Rheology of capillary foams / O. Okesanjo, M. Tennenbaum, A. Fernandez-Nieves et al. // *Soft Matter*. – 2020. – № 16. – Iss. 29. – P. 6725-6732. DOI:10.1039/D0SM00384K.
8. Klempner D. Handbook of polymeric foams and foam technology / D. Klempner, V. Sendijarevic. – Munich : Henser Publishers, 1991. – P. 6–9.
9. Russev S.C. Instrument and methods for surface dilatational rheology measurements / S.C. Russev, N. Alexandrov, K.G. Marinova et al. // *Review of Scientific In-struments*. – 2008. – № 79. – P. 104. DOI:10.1063/1.3000569.
10. Prud'homme R.K. Foams. Theory, Measurements, Applications / R. K. Prud'homme, S. A. Khan. – New York : Marcel Dekker, 1996. – Vol.57. – P. 381–412.
11. Schramm L.L. Foams: Basic Principles / L.L. Schramm, F. Wassmuth // *Foams: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry*. – 1994. Chapter 1. – P. 3–45. DOI: 10.1021/ba-1994-0242.ch001.
12. Bondarenko Zh.V. Penoobrazovanie v vodnyh rastvorah binarnyh smesey anionnogo i neionogennogo poverhnostno-aktivnyh veshhestv [Foam formation in aqueous solutions of binary mixtures of anionic and non-ionogenic surface-active substances] / Zh.V. Bondarenko, N.Ju. Adamceвич, I.O. Bruckaja // *Trudy BGTU. Ser. 2, Himicheskie tehnologii, biotekhnologija, geojekologija* [Proceedings of BSTU. Ser. 2, Chemical technologies, biotechnology, geoecology]. – Minsk : BGTU, 2017. – № 2. – P. 127–131. [in Russian]
13. Stevenson P. Foam Engineering: Fundamentals and Applications / P. Stevenson. – New Zealand : John Wiley & Sons, 2012. – P. 75-95. DOI:10.1002/9781119954620.
14. Mittal K.L. Emulsions, Foams, and Thin Films / K.L. Mittal, P. Kumar. – New York : Marcel Dekker, 2000. – P. 206–209.
15. Puchkova T.V. Osnovy kosmeticheskoy himii. Bazovye ingredienty. T.1 [Fundamentals of cosmetic chemistry. Basic ingredients. Vol. 1] / T.V. Puchkova, L.V. Samujlova, A.I. Deev et al. – Moscow : Shkola kosmeticheskikh himikov, 2017. – P. 95–96. [in Russian]
16. GOST 22567.1-77 Sredstva mojuushhie sinteticheskie metod opredelenija penoobrazujushhej sposobnosti [Synthetic detergents. Method for determination of foaming ability]. – Moscow : Standartinform, 1986. – 6 p. [in Russian]
17. GOST 50588-2012 Penoobrazovateli dlja tushenija pozharov. Obshhie tehicheskie trebovanija i metody ispytaniy [Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods]. – Moscow : Standartinform, 2013. – 23 p. [in Russian]
18. Пат. № 2762778, RU, C1. Ustrojstvo dlja opredelenija kachestvennyh harakteristik peny [Device for determining the quality characteristics of the foam] / Tarasov V.E., Korobko S.S. / Kub. gos. tehnol. un-t. Krasnodar. – № 202111013; appl. 09.04.2021; publ. 22.12.2021, Bul. Number 36. [in Russian]

19. Pugh R.J. Experimental techniques for studying the structure of foams and froths / R.J. Pugh // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2005. – Vol. 114-115. – P. 239–251. DOI:10.1016/j.cis.2004.08.005.
20. Dollet B. Rheology of aqueous foams / B. Dollet, C. Raufaste // *C. R. Physique*. – 2014. – № 15. – P. 731–747. DOI:10.1016/j.crhy.2014.09.008.
21. Schick M.J. Foaming properties of nonionic detergents / M.J. Schick, E.A. Beyer // *The Journal of the American Oil Chemists Society* – 1963. – Vol. 40. – P. 66–68.
22. Tarasov V.E. Ispol'zovanie novyh vidov PAV dlja rasshirenija funkcional'nyh svoystv sovremennyh kosmetiko-gigienicheskikh moyushhih sredstv [Use of new kinds of surface-active substances to expand the functional properties of contemporary cosmetic and hygienic detergents] / Tarasov V.E, Petrenko A.V. // *Austria-science*. – 2018. – Vol. 1. – № 14. – P.32–36. [in Russian]
23. Denkov N. D. The role of surfactant type and bubble surface mobility in foam rheology / N. D. Denkov, S. Tcholakova, K. Golemanov et al. // *Soft Matter*. – 2009. – № 5. – P. 3389–3408. DOI:10.1039/b903586a.
24. Zhang L. Foams Stabilized by Surfactant Precipitates: Criteria for Ul-trastability / L. Zhang, L. Tian, H. Du et al. // *Langmuir*. – 2017. – P. 1–19. DOI:10.1021/acs.langmuir.7b01962.
25. Lakes R. Foam structures with a negative Poisson's ratio / R. Lakes // *Science*. – 1987. – Vol. 235. – P. 1038–1040. DOI:10.1126/science.235.4792.1038.
26. Langevin D. Influence of interfacial rheology on foam and emulsion properties / D. Langevin // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2000. – № 88. – P. 209–222. DOI:10.1016/s0001-8686(00)00045-2.
27. Santini E. A surface rheological study of non-ionic surfactants at the wa-ter-air interface and the stability of the corresponding thin foam films / E. Santini, F. Ravera, M. Ferrari et al. // *Colloids and Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*. – 2007. – № 298. – P. 12–21. DOI:10.1016/j.colsurfa.2006.12.004.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.006>**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Научная статья

Ясинский В.Б.*

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (VYasinskiy[at]sfu-kras.ru)

Аннотация

В работе рассматривается концептуальная модель технологической среды машиностроительной продукции в условиях виртуального производства, которую формируют отдельные производственные системы и ориентированы на реализацию технологий изготовления продукции машиностроительного назначения. Технологическая среда – совокупность современных технологий, технологических машин и средств технологического оснащения, систем управления производственными процессами всех уровней (от отдельного станка до производственных участков и цехов), инструментальных средств и программно-аппаратных комплексов информационных систем, применяемых на всех этапах изготовления, конструкторско-технологической и организационной подготовки производства конкурентно-способной продукции, которой требует современный рынок.

Ключевые слова: технологическая среда, машиностроительная продукция, виртуальное производство, жизненный цикл, реинжиниринг производства.

MODELING OF THE PROCESS MEDIUM OF ENGINEERING PRODUCTS IN VIRTUAL PRODUCTION

Research article

Yasinsky V.B.*

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (Vyasinskiy[at]sfu-kras.ru)

Abstract

The article considers a conceptual model of the process medium of engineering products in virtual production, which is formed by separate production systems and focused on the implementation of manufacturing technologies for machine-building products. Process medium is a set of modern technologies, technological machines and equipment, production process control systems at all levels (from a separate machine to production sites and workshops), tools, software and hardware complexes of information systems implemented at all stages of manufacturing, design, technological and organizational preparation of manufacture of competitive products, which are demanded by the modern market.

Keywords: process medium, machine-building products, virtual production, life cycle, production re-engineering.

Введение

Современные формы реинжиниринга производства не ограничиваются изменениями внутри предприятия, а затрагивают отношения между производственными системами, подразделениями и группами специалистов различных предприятий. Развитие новых форм интеграции в производстве привело к появлению так называемых виртуальных предприятий. Методы анализа и реинжиниринга бизнес-процессов рассматривают методологию создания оптимальной технологической среды, включающей вопросы применения новых производственных технологий, решение задач конструкторско-технологического проектирования, организационного и экономического управления, информационного обеспечения для обмена данными об изделии [1], [2].

Виртуальным производственным системам уделено достаточно много внимания. Подробно рассматриваются принципы организации и функционирования виртуального предприятия [3], основные задачи управления сложными организационными системами [4], [5]. Отдельно рассматриваются вопросы формирования информационного пространства и компоненты информационной инфраструктуры взаимодействия в виртуальной производственной среде [1], инструментальные средства проектирования и эксплуатации информационных систем [2], которые могут быть использованы для организации и управления виртуальными предприятиями. Основными характеристиками виртуальных форм организации являются открытая распределенная структура [3], автономность и специализация производственных предприятий – участников сети, гибкость формирования и приоритет горизонтальных связей [4], высокий статус информационных средств интеграции [2], [6], [7].

Виртуальные предприятия и сетевые структуры производственных систем все еще остаются малоизученными с точки зрения разработки цифровых моделей участников сети, средств описания объектов, создания информационно-организационной инфраструктуры эффективного управления. Поэтому в данной статье предлагаются модель организации виртуального предприятия на основе технологической среды машиностроительной продукции. Определяющую роль в функционировании конкурентоспособных предприятий играет компьютерное информационное сопровождение. Единое информационное пространство является необходимым, так как интегрированная система управления объединяет материальные и информационные ресурсы компонентов каждой производственной системы, потоки информации и управления в ней общие, а значит, необходима и общая инфраструктура для обмена информацией и управлением между компонентами виртуальной системы [1], [2], [6].

Модель технологической среды виртуального производства

В состав производственной системы входят основные технологические, вспомогательные и обслуживающие основное производство подсистемы. Основой деятельности производственных предприятий являются основные технологические процессы или совокупность технологических операций, которые проходят сырье, исходные

материалы, полуфабрикаты и заготовки на пути их превращения в законченные изделия [8]. В технологических системах в результате реализации основных технологических процессов окончательно формируются потребительские свойства продукции (рис. 1).

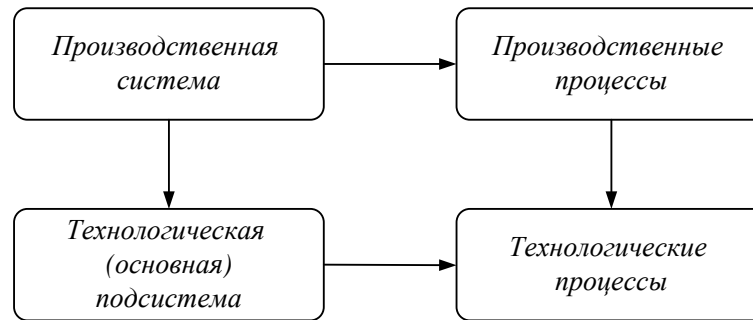


Рис. 1 – Содержание производственных систем

Являясь частью производственных процессов – технологические процессы, в зависимости от содержания на определенном этапе реализации технологий, в своем названии получают уточнения. Например, различают технологические процессы изготовления деталей, сборки или технологические процессы получения заготовок, их механической, термической обработки, узловой сборки отдельных единиц изделия и общей сборки изделия в целом. Процесс качественного преобразования исходного объекта в продукцию, т.е. технологический процесс, осуществляется с помощью средств технологического оснащения (технологического оборудования и технологической оснастки) с затратами труда определенной квалификации.

Основные этапы реализации технологий производства машиностроительной продукции включают не только изготовление деталей и их сборку, но и добычу руды, ее транспортирование, превращение в металл, получение заготовок. Все этапы должны быть включены в технологическую среду и определены производственные системы, способные осуществить необходимые технологические процессы и операции. Это является необходимым условием формирования технологической среды производства материального продукта (рис. 2).

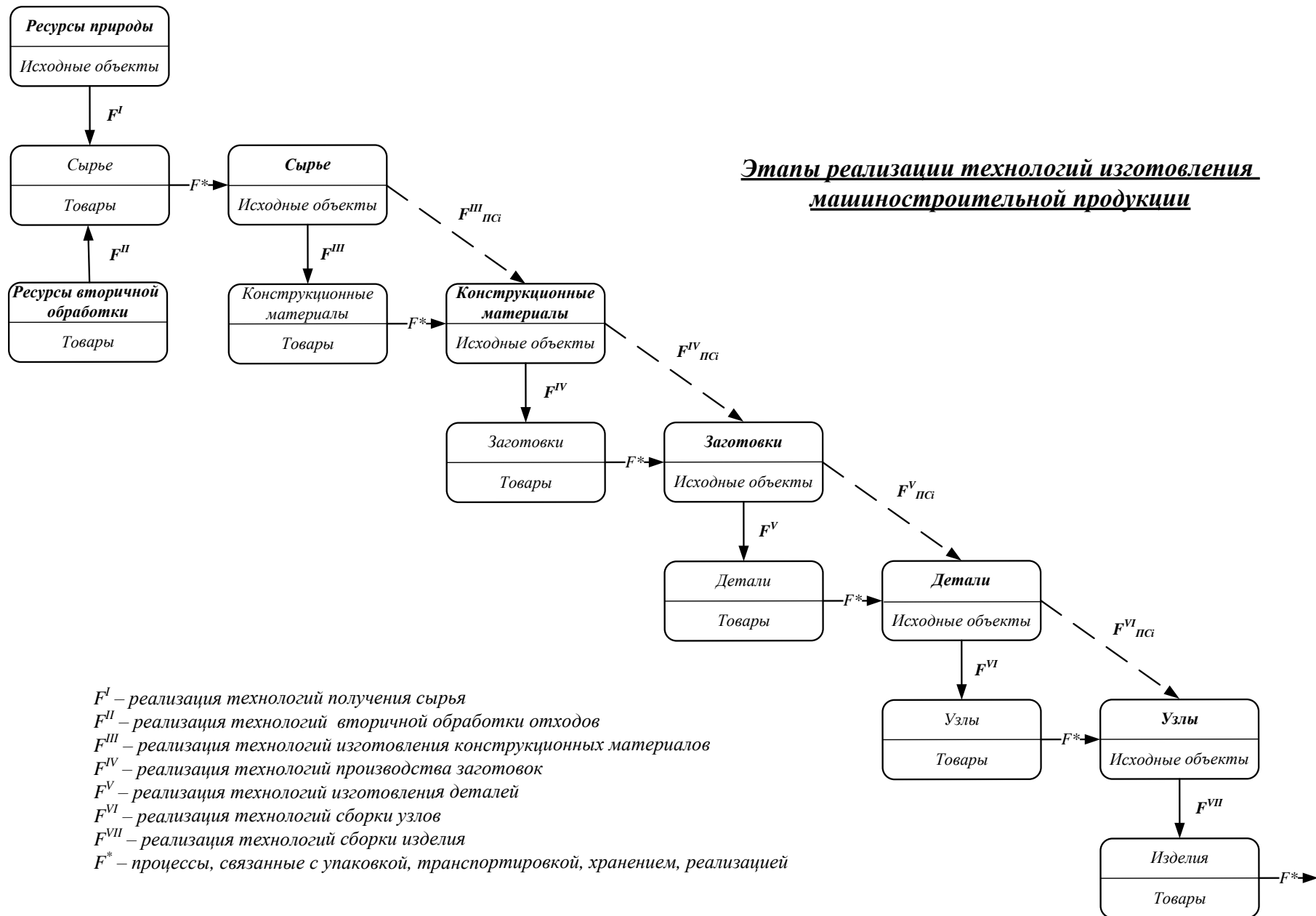


Рис. 2 – Этапы реализации технологий изготовления продукции

По отношению к исходному объекту производства эти этапы соответствуют последовательности $F^I, F^{II} \rightarrow F^* \rightarrow F^{III} \rightarrow F^* \rightarrow F^{IV} \rightarrow F^* \rightarrow F^V \rightarrow F^* \rightarrow F^{VI} \rightarrow F^* \rightarrow F^{VII}$. Реализация технологических процессов на этапах ($F^I \rightarrow \dots \rightarrow F^{VII}$) изменяет качественное состояние исходных объектов (форму, размеры, структуру, химический состав, внешний вид).

Другие производственные процессы – F^* такие, как например транспортирование, хранение на складах, упаковка, продажа, не оказывают таких воздействий, но без них этапы реализации технологий не могут быть выполнены.

В зависимости от конкретных условий перечисленные этапы могут быть осуществлены на разных предприятиях или в разных технологических системах (цехах, участках, технологическом оборудовании) одного предприятия, тогда этапы реализации технологий изготовления продукции в рамках юридически организованной производственной системы будут соответствовать последовательности $F^{III}_{PCi} \rightarrow F^{IV}_{PCi} \rightarrow F^V_{PCi} \rightarrow F^{VI}_{PCi} \rightarrow F^{VII}_{PCi}$.

Реализация этих технологий не может быть реализована в пределах даже организационных границ отдельной производственной системы, поэтому важно определить партнеров, перечень функций которые они должны выполнять в структуре виртуального предприятия. Структуру и параметры каждой производственной системы выбирают при проектировании виртуального предприятия в зависимости от сложности и разнообразия выпускаемой продукции, объема выпуска и условий изготовления. Совокупность предприятий, а также их материальные, энергетические и информационные связи образуют технологическую среду определенной продукции машиностроения (рис. 3). Под структурой понимается совокупность устойчивых связей между элементами системы. Для организационной системы технологического назначения это, прежде всего, материальные, энергетические, информационные, и другие связи между элементами, включая отношения координации и субординации в распределении прав принятия решений участниками виртуального предприятия.

Система управления должна учитывать все изменения технологических связей, так как технологические связи первичны относительно связей организационных, а организационные структуры управления являются отражением структур технологических систем. Технологические процессы и их системы строятся по своим законам, организация и управление производством призваны обеспечить их функционирование и развитие [9].

Формирование промышленных предприятий традиционными методами, связанными с материальной перестройкой существующих производственных систем, для этих целей оказывается неприемлемым. Возникает необходимость в поиске новых подходов к процессам формирования производства с требуемыми свойствами [10].

Следует отметить, что виртуальные предприятия не являются альтернативой действующим предприятиям. Виртуальные предприятия и виртуальные режимы функционирования реальных предприятий, являющихся базисом существующей экономической системы, есть только дополнения к последним.

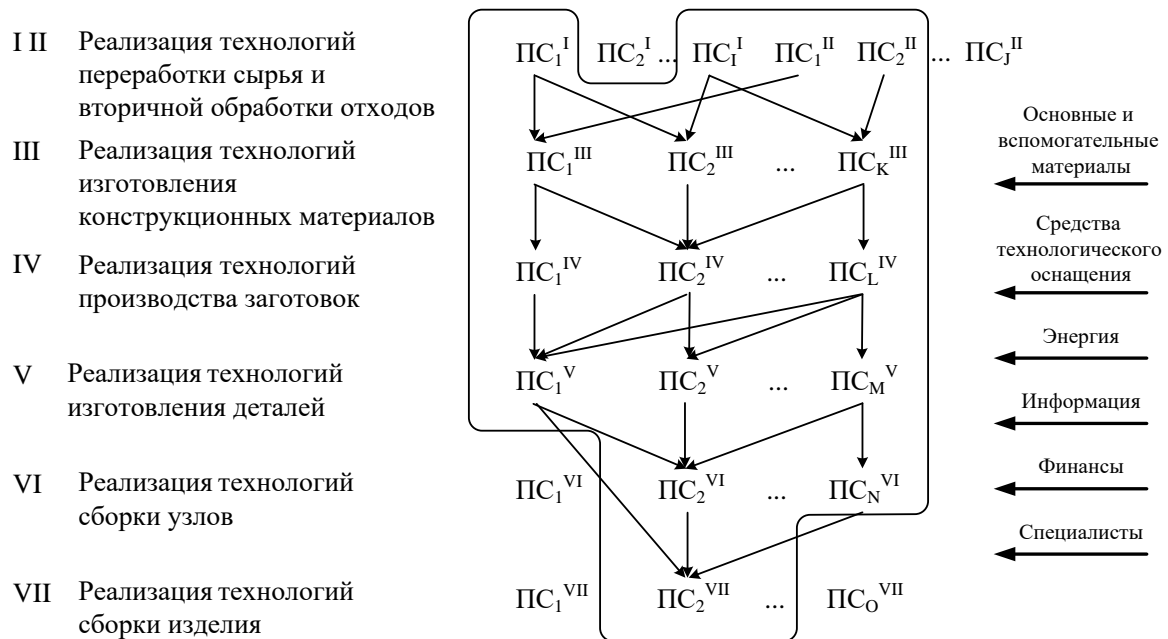


Рис. 4 – Технологическая среда машиностроительной продукции

Задача определения структуры виртуального предприятия может трактоваться как задача выбора элементов и отношений при следующих ограничениях:

- сохранение функциональности на уровне реализации технологий;
- минимизация связей;
- сохранение размеров элементов (на каждом уровне реализации технологий) в разумных пределах для обеспечения управляемости;
- обеспечение гибкости перестройки.

Предложенная модель технологической среды позволяет на основе математических методов решения оптимизационных задач осуществлять не только выбор наиболее эффективной производственной системы в составе виртуального предприятия с точки зрения изготовления необходимой продукции, но и формировать требования, которыми должны обладать производства для участия в технологической среде.

Заключение

Для изготовления материальной продукции в условиях виртуального производства необходима реализация всех технологических этапов с включением в технологическую среду производственных систем, способных их реализовать.

Применение виртуального информационного пространства значительно расширяет возможности реальных производственных структур и технологических систем. Особенно это эффективно при организации выпуска новой научно-технической продукции.

Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных систем, требуется создание единого информационного пространства не только на отдельных предприятиях, но и, что более важно, в рамках объединения предприятий.

Использование новых компьютерных и информационных технологий не является основой виртуального предприятия. Главным является единое информационное пространство, под которым понимается совокупность методов и средств поиска, сбора, хранения, обработки, анализа и передачи внутренней и внешней информации, требующейся для функционирования виртуального предприятия и принятия совместных управленческих решений. При формировании виртуального предприятия отсутствуют материальные изменения в распределенной производственной системе, а информация о ее структуре формируется, обрабатывается и хранится в информационной системе, такая технологическая среда является виртуальной и при этом обеспечивается значительное сокращение сроков ее создания. Информация о параметрах агентов распределенной производственной сети может быть представлена в электронном виде и распространена с помощью различных информационных сетей.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Соломенцев Ю.М. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов. – Москва : Наука, 2003. – 219 с.
2. Схиртладзе А.Г. Проектирование единого информационного пространства виртуальных предприятий / А.Г. Схиртладзе, А.В. Скворцов, Д.А. Чмырь. – Москва : Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 616 с.
3. Бугорский В.Н. Сетевая экономика / В.Н. Бугорский. – Санкт-Петербург : Финансы и статистика, 2008. – 256 с.
4. Катаев А.В. Виртуальные бизнес-организации / А.В. Катаев. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического университета, 2009. – 120 с.
5. Казьмина И.В. Обоснование механизма взаимодействия виртуальных предприятий с производственными предприятиями технически сложной продукции на основе государственно-частного партнерства / И.В. Казьмина, Т.В. Щеголева // Организатор производства. – 2020. – Т. 28. – №. 1. – С. 7–16.
6. Зильбербург Л.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении / Л.И. Зильбербург, В.И. Молочник, Е.И. Яблочников. – Санкт-Петербург : Компьютербург, 2003. – 152 с.
7. Юрчик П.Ф. Виртуальное предприятие как инновация в сфере организации бизнеса / П.Ф. Юрчик, О.И. Максимычев, В.Б. Голубкова // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – №. 6(84). – С. 135–138.
8. Вороненко В.П. Проектирование автоматизированных участков и цехов / В.П. Вороненко, В.А. Егоров, М.Г. Косов и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. – Москва : Высш. шк., 2003. – 272 с.
9. Васильева И.Н. Экономические основы технологического развития / И.Н. Васильева. – Москва : ЮНИТИ, 1995. – 158 с.
10. Капустин Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н.М. Капустина. – Москва : Высш. шк., 2004. – 415 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Solomencev Yu.M. Informacionno-vychislitel'nye sistemy v mashinostroenii CALS-tehnologii [Information and computing systems in mechanical engineering CALS-technologies] / Yu.M. Solomencev, V.G. Mitrofanov, V.V. Pavlov et al. – Moscow : Nauka, 2003. – 292 p. [in Russian]
2. Skhirtladze A.G. Proyektirovaniye yedynogo informatsionnogo prostranstva virtual'nykh predpriyatiy [Designing a single information space for virtual enterprises] / A.G. Skhirtladze, A.V. Skvortsov, D.A. Chmyr'. – Moscow : Berlin : Direkt-Media, 2017 – 616 p. [in Russian]
3. Bugorskiy V.N. Setevaya ekonomika [Network economics] / V.N. Bugorskiy. – Saint-Petersburg : Finansy i statistika, 2008 – 256 p. [in Russian]
4. Katayev A.V. Virtual'nyye biznes-organizatsii [Virtual business organizations] / A.V. Katayev. – Saint-Petersburg : Publishing House of the Polytechnic University, 2009 – 120 p. [in Russian]
5. Kaz'mina I.V. Obosnovaniye mekhanizma vzaimodeystviya virtual'nykh predpriyatiy s proizvodstvennymi predpriyatiyami tekhnicheskoy slozhnoy produktsii na osnove gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [Substantiation of the mechanism of interaction between virtual enterprises and manufacturing enterprises of technically complex products based on public-private partnership] / I.V. Kaz'mina, T.V. Shchegoleva // Organizator proizvodstva [Production organizer]. – 2020. – Vol. 28. – № 1. – P. 7–16. [in Russian]
6. Zil'berburg L.I. Reinzhiniring i avtomatizatsiya tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva v mashinostroenii [Reengineering and automation of technological preparation of production in machine-building] / L.I. Zil'berburg, V.I. Molochnik, E.I. Yablochnikov. – Saint-Petersburg : Komp'yuterny, 2003. – 152 p. [in Russian]
7. Yurchik P.F. Virtual'noye predpriyatiye kak innovatsiya v sfere organizatsii biznesa [Virtual enterprise as an innovation in business organization] / P.F. Yurchik, O.I. Maksimych, V.B. Golubkova // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development]. 2018. – №. 6 (84). – P. 135–138. [in Russian]
8. Voronenko V.P. Proektirovaniye avtomatizirovannykh uchastkov i cekhov [Design of automated sections and workshops] / V.P. Voronenko, V.A. Egorov, M.G. Kosov et al.; ed. by Yu.M. Solomencev. – Moscow : Vyssh. shk., 2003. – 272 p. [in Russian]
9. Vasil'yeva I. N. Ekonomicheskiye osnovy tekhnologicheskogo razvitiya [Economic bases of technological development] / I.N. Vasil'yeva. – Moscow : UNITI, 1995. – 158 p. [in Russian]
10. Kapustin N.M. Avtomatizatsiya proizvodstvennykh processov v mashinostroenii [Automation of production processes in machine-building] / N.M. Kapustin, P.M. Kuznecov, A.G. Skhirtladze et al.; ed. by N.M. Kapustina. – Moscow : Vyssh. shk., 2004. – 415 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.007>**ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ КОМФОРТНОСТИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА
ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОТОПЛЕНИИ ПО НОЧНОМУ ТАРИФУ**

Научная статья

Шумилин Е.В.^{1, *}, Псаров С.А.²¹ORCID: 0000-0002-3210-1469;²ORCID: 0000-0002-4368-7848;^{1, 2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (002194[at]pnu.edu.ru)

Аннотация

Для снижения платежей при электрическом отоплении необходимо аккумулировать максимально возможное количество теплоты при ночном пониженном тарифе на электроэнергию. При использовании высокоинерционных систем водяного теплого пола при этом может происходить перегрев помещений в дневное время и снижаться уровень комфортности теплового режима. В данной работе произведено динамическое моделирование работы таких систем отопления в течение всего отопительного периода при различных температурных графиках регулирования с определением почасовых показателей уровня комфортности. Впервые определены оптимальные параметры температурного графика теплоносителя в системе отопления водяного теплого пола, при которых будет соблюдаться условие комфортности теплового режима. Также показано, что достижение минимальных уровней платежей за электроотопление сопряжено с нарушением уровня теплового комфорта в течение длительного времени.

Ключевые слова: электроотопление, аккумулятор тепловой энергии, ночной тариф, тепловой комфорт.

**INCREASING THE LEVEL OF THE HEAT REGIME COMFORT WITH ELECTRIC HEATING
AT NIGHT RATE**

Research article

Shumilin E.V.^{1, *}, Psarov S. A.²¹ORCID: 0000-0002-3210-1469;²ORCID: 0000-0002-4368-7848;^{1, 2} Pacific National University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (002194[at]pnu.edu.ru)

Abstract

To reduce payments for electric heating, it is necessary to accumulate the maximum possible amount of heat with a reduced night electricity tariff. With usage of high-inertial water floor heating systems, rooms may overheat during daytime and the level of comfort of the thermal regime may decrease. In this paper, dynamic modeling of the operation of such heating systems during the entire heating period under various temperature control schedules with the determination of hourly indicators of the comfort level is made up. For the first time, the optimal parameters of the temperature schedule of the coolant in the water floor heating system have been determined, at which the condition of the thermal regime comfort will be observed. It is also shown that achieving minimum levels of payments for electric heating is associated with a violation of the level of thermal comfort for a long period of time.

Keywords: electric heating, thermal energy accumulator, night tariff, thermal comfort.

Введение

Снижение платежей при использовании электроотопления зданий является актуальной задачей, т. к. стоимость такого источника тепловой энергии достаточно высока. При достижении уровня тепловой защиты зданий, требуемой по нормам [1], дальнейшее увеличение толщины тепловой изоляции не приводит к существенному снижению потребления энергии на нужды отопления. Другим вариантом снижения платежей за электроэнергию является использование ночного пониженного тарифа на электрическую энергию.

В работе [2] нами рассмотрены годовые балансы тепловых потоков при эксплуатации гибридной системы электроотопления индивидуального жилого дома. Основным элементом рассмотренной системы отопления является водяной теплый пол (ВТП) с электрическим котлом в качестве источника теплоты и аккумулирующей емкостью воды для увеличения эффекта при использовании ночного тарифа. Электрический котел настроен на включение только в часы с пониженным тарифом. Вспомогательными элементами являются резервные электрические конвекторы, автоматически включающиеся при нехватке запасенной энергии в аккумулирующей емкости и системе ВТП. При эксплуатации таких систем отопления возникают существенные колебания температур внутреннего воздуха, ВТП и ограждающих конструкций отапливаемых помещений. Стремление максимально запастись дешевой энергией ночью приводит к избытку тепловой энергии в дневное время. Тепловые потери в окружающую среду днем снижаются из-за роста температуры наружного воздуха. Бытовые теплопоступления и поступления от солнечной радиации, наоборот, возрастают. Происходит повышение температуры внутреннего воздуха. По мере теплоотдачи от ВТП происходит расходование аккумулированной тепловой энергии, температура внутреннего воздуха снижается. При достижении нижней границы допустимого диапазона температур внутреннего воздуха автоматически включаются резервные электрические конвекторы. Снижение уровня теплового комфорта при колебаниях температур внутреннего воздуха и радиационной температуры в помещениях является одной из проблем при попытках снизить платежи при электроотоплении.

Другой проблемой, также связанной с избытком тепловой энергии в дневное время, является определение оптимальной температуры теплоносителя в баке-аккумуляторе, при которой необходимо отключать основной электрический котел. В рассмотренном в [2] случае такое определение температуры теплоносителя самими жильцами происходило эмпирическим путем, что приводило, помимо снижения уровня теплового комфорта, к избыточному потреблению электрической энергии.

Учитывая большое количество влияющих на уровень теплового комфорта факторов, поиск оптимальных решений необходимо производить на основе детального моделирования работы системы отопления в течение всего отопительного периода. Цель такого моделирования – определение оптимальных параметров температурного графика теплоносителя в системе отопления при сохранении принятого уровня комфорта теплового режима и минимальных совокупных платежах за электроэнергию.

Моделирование работы системы отопления

Оценка уровня комфортности теплового режима обычно производится на основе показателей прогнозируемой средней оценки качества воздушной среды (Predicted Mean Vote) PMV, прогнозируемого процента недовольных температурой среды (Predicted Percentage Dissatisfied) PPD, показателей локального температурного дискомфорта по [3]. Вопросам моделирования работы систем климатизации и оценки уровня комфортности теплового режима посвящены работы [4], [5], [6], [7]. Для уменьшения трудозатрат при определении показателей PMV и PPD используют различные программные продукты [8].

В соответствии с [3] длительная оценка основных условий для температурного комфорта производится путем динамического компьютерного моделирования. Для этих целей нами использовалось свободное программное обеспечение EnergyPlus версии 9.3.0. Данная программа позволяет учитывать основные влияющие на уровень теплового комфорта факторы и достичь поставленных целей моделирования работы системы отопления. Для оценки результатов моделирования использовался наиболее простой «метод А» по приложению Н [3]. Суть метода заключается в вычислении процента часов от всех часов отопительного периода, со значением PPD за пределами принятого диапазона. Основываясь на определении термина «оптимальные параметры микроклимата» в [9] в качестве условия для такого диапазона нами выбрано $PPD < 20\%$. Это означает, что ощущения комфорта должно обеспечиваться не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Геометрические размеры, ориентация в пространстве, характеристики материалов наружных ограждающих конструкций при моделировании в EnergyPlus приняты такие же, как в работе [2]. В модели учитывалось, что системой ВТП оборудованы все помещения двухэтажного индивидуального жилого дома общей площадью 192 м². Базовая конструкция ВТП приведена на рисунке 1. Наружный диаметр пластиковых греющих труб – 20 мм, толщина стенки трубы – 2 мм. Шаг между осями труб – 150 мм.

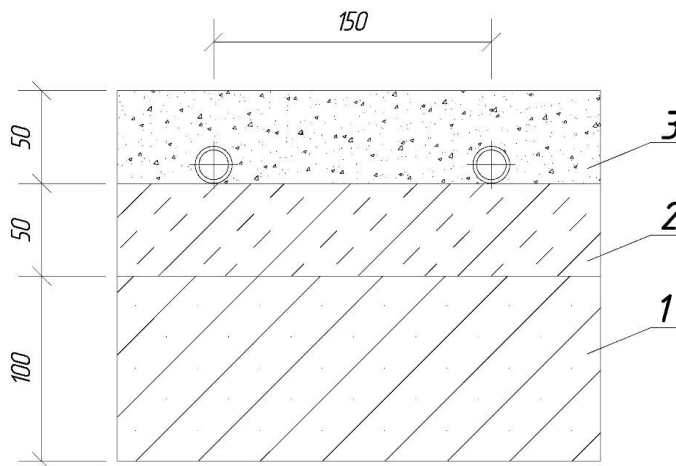


Рис. 1 – Схема расположения слоев водяного теплого пола:

1 – железобетонная плита перекрытия; 2 – утеплитель экструдированный пенополистирол 50 мм;
3 – стяжка пола 50 мм.

Помимо наружных ограждающих конструкций в расчет были добавлены внутренние стены из кирпичной кладки толщиной 120 мм с оштукатуриванием с двух сторон. Общая площадь внутренних стен принята 210 м².

Для моделирования использовались годовые почасовые данные по климату г. Хабаровска, усредненные за пятнадцать лет по измерениям метеостанции в черте города. За отопительный период принят временной отрезок с 6 октября по 27 апреля, что соответствует продолжительности отопительного периода 204 суток по [10]. Средняя температура наружного воздуха за данный период по архивным данным метеостанции составила минус 9,23 °С. По данным [10] расчетная средняя температура наружного воздуха отопительного периода составляет минус 9,5 °С. Таким образом, относительная погрешность средней разницы температур наружного и внутреннего воздуха при использовании данных метеостанции составит менее 1 %. Остальные принятые при моделировании параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры при моделировании работы системы отопления

Параметр	Ед. измерения	Значение
Температура внутреннего воздуха, при которой включаются резервные электроконвекторы	°C	23
Подвижность внутреннего воздуха	м/с	0,15
Коэффициент теплоизоляции одежды днем	кло	1
Коэффициент теплоизоляции одежды ночью	кло	3
Теплопоступления от одного человека днем	Вт	105
Теплопоступления от одного человека ночью	Вт	70
Количество жильцов	чел.	4
Теплопоступления от бытовых электроприборов в дневное время	Вт	383

Программа EnergyPlus позволяет задавать различные алгоритмы управления температурным графиком в системе ВТП, симулируя работу контроллера. Нами был выбран вариант с линейной зависимостью температуры нагрева в аккумулирующей емкости $T_{ак}$ от температуры наружного воздуха T_n . Минимальная точка при температуре наружного воздуха $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ принята постоянной $T_{ак,мин} = +23\text{ }^{\circ}\text{C}$ для всех графиков. Максимальная точка графиков $T_{ак,макс}$ при расчетной по [10] температуре наружного воздуха минус $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ варьировалась в диапазоне от $+40$ до $+52\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. рисунок 2).

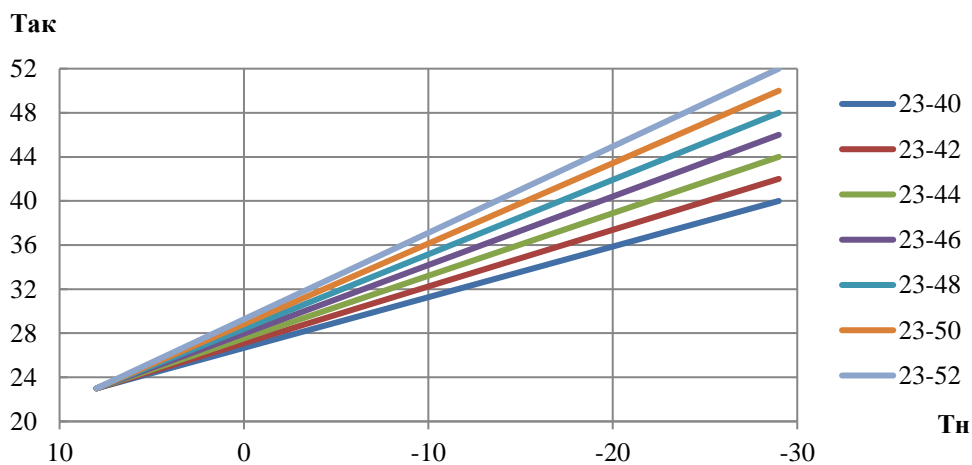


Рис. 2 – Температурные графики в EnergyPlus:

$T_{ак}$ – температура, поддерживаемая в аккумулирующей ёмкости, $^{\circ}\text{C}$; T_n – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Помимо базовой конструкции ВТП с 50 мм слоем утеплителя и 50 мм слоем стяжки (условное обозначение «50+50»), приведенной на рисунке 1, проведено моделирование для конструкции ВТП с 100 мм слоем утеплителя и 100 мм слоем стяжки (условное обозначение «100+100»). Также рассмотрен вариант базовой конструкции ВТП, но с увеличением аккумулирующей емкости с 750 л до 1500 л и увеличением мощности котла с 22 кВт до 27 кВт (условное обозначение «1500 л»).

В результате моделирования указанных температурных режимов определено количество часов с $\text{PPD} > 20\%$ – часов некомфортного времени. Зависимость числа часов некомфортного времени по каждому температурному режиму от максимальной температуры $T_{ак,макс}$ представлена на рисунке 3. Данный график позволяет определить границу появления некомфортных часов при увеличении максимальной температуры в аккумуляторе $T_{ак,макс}$.

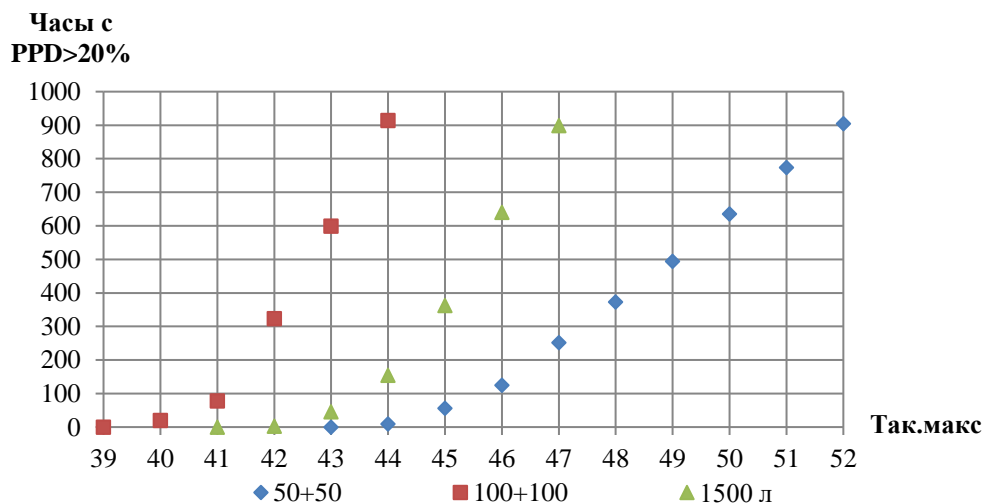


Рис. 3 – Зависимость часов некомфортного времени от максимальной расчетной температуры в аккумулирующей ёмкости

Для базового варианта «50+50» при значении $T_{ак.макс} = 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ количество часов с $PPD > 20\%$ равно нулю. При увеличении $T_{ак.макс}$ происходит рост часов с $PPD > 20\%$ с 9 часов при $T_{ак.макс} = 44\text{ }^{\circ}\text{C}$ до 904 часов $T_{ак.макс} = 52\text{ }^{\circ}\text{C}$. При общем количестве часов отопительного периода 4896 получаем значения некомфортного времени от 0,2 % до 18,5 % для температур от $T_{ак.макс} = 44\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $T_{ак.макс} = 52\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно. Первые некомфортные часы начинают появляться в период с 26 февраля по 22 марта для графиков с $T_{ак.макс} = 44...47\text{ }^{\circ}\text{C}$, что связано с обилием ясных солнечных дней в это время. При повышении $T_{ак.макс}$ до $48\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше, некомфортные часы точно начинают появляться в осенний период. Распределение некомфортных часов по времени суток для графика с $T_{ак.макс} = 48\text{ }^{\circ}\text{C}$ показано на рисунке 4.

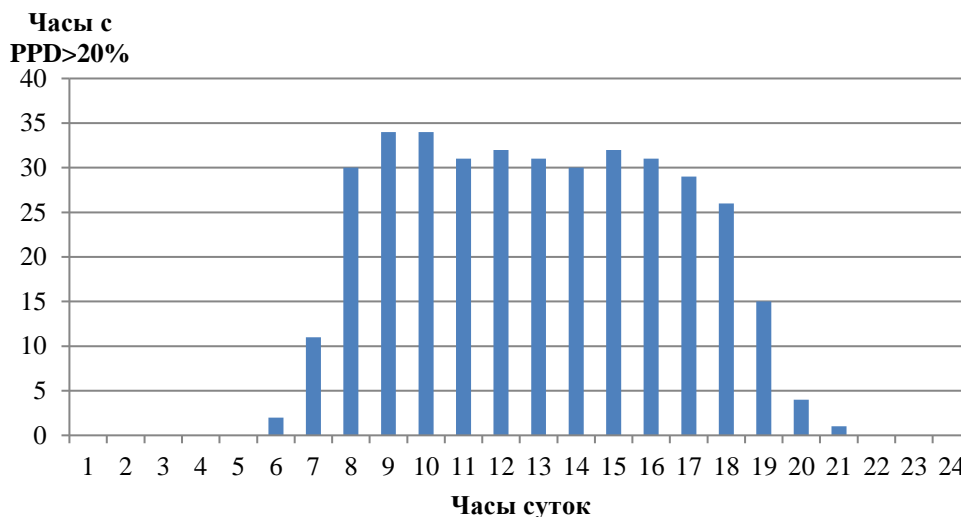


Рис. 4 – Распределение некомфортных часов по времени суток для графика с $T_{ак.макс} = 48\text{ }^{\circ}\text{C}$

Как видно из графика на рисунке 4, перегрев помещений преимущественно происходит при появлении солнечной радиации в дневное время.

Для варианта «100+100» количество часов с $PPD > 20\%$ равное нулю достигается при $T_{ак.макс} = 39\text{ }^{\circ}\text{C}$. Далее происходит более резкий рост некомфортных часов по сравнению с базовым вариантом.

Для варианта «1500 л» количество часов с $PPD > 20\%$ равное нулю достигается при $T_{ак.макс} = 41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Далее наблюдается средний рост некомфортных часов относительно рассмотренных ранее вариантов.

Для экономической оценки по каждому моделируемому температурному режиму определялись затраты на электроэнергию для ВТП и резервных конвекторов за весь отопительный период с учетом работы в разных тарифных зонах суток. Зависимость общих удельных затрат в рублях в сутки в среднем за отопительный период на 1 квадратный метр площади отапливаемых помещений приведена на рисунке 5. Красной сплошной линией обозначена граница появления некомфортных часов с учетом данных на рисунке 3.

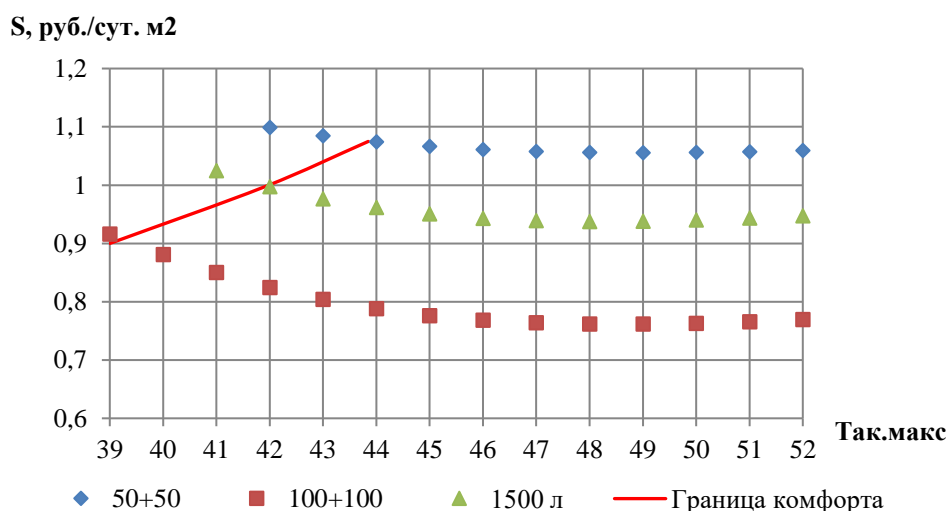


Рис. 5 – Зависимость годовой платы за электроотопление от максимальной расчетной температуры в аккумулирующей ёмкости

Как видно на рисунке 5, минимальное значение платы за электроэнергию для базового варианта «50+50» достигается при $T_{ак.макс} \approx 49\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такому графику соответствует число часов с $PPD > 20\%$ равное 494 или 10,1 % от всего времени отопительного периода. Для других рассмотренных вариантов минимум годовой платы за отопление также находится далеко от границы комфорта. Это означает, что при стремлении добиться минимума платы за электроотопление, существенную часть времени потребители будут испытывать дискомфорт, связанный с перегревом

помещений. При дальнейшем увеличении $T_{\text{ак.макс}}$ общие затраты на электроэнергию возрастают из-за сильного перегрева помещений и увеличения тепловых потерь.

Для выявления основных причин дискомфорта проанализируем часовые значения $T_{\text{ак}}$ для режима с базовой конструкцией ВТП «50+50» с $T_{\text{ак.макс}} = 49^\circ\text{C}$, представленные на рисунке 6.

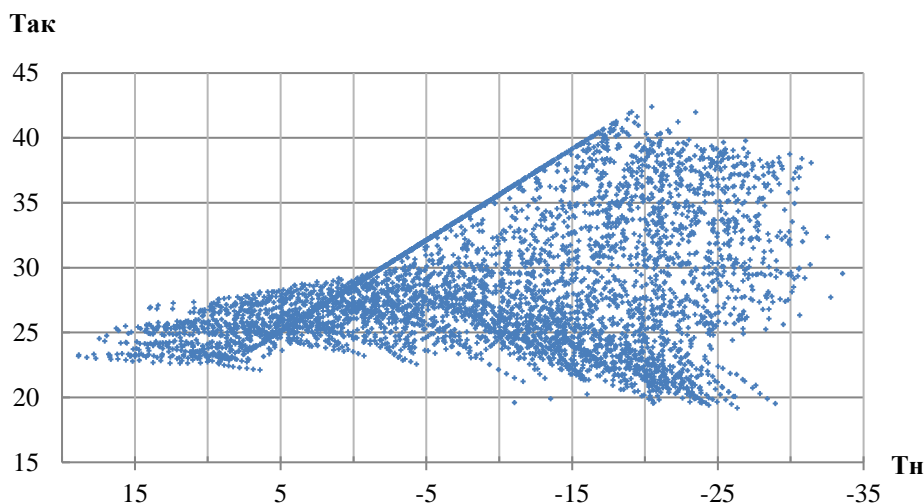


Рис. 6 – Часовые температуры $T_{\text{ак}}$ в зависимости от температуры наружного воздуха $T_{\text{н}}$ для режима с $T_{\text{ак.макс}} = 49^\circ\text{C}$

В облаке точек явно прослеживается линия регулирования с начальной точкой $T_{\text{ак.мин}} = +23^\circ\text{C}$ при $T_{\text{н}} = +8^\circ\text{C}$ и конечной точкой $T_{\text{ак.макс}} = 49^\circ\text{C}$ при $T_{\text{н}} = -29^\circ\text{C}$. При температурах наружного воздуха выше минуса 2°C часть точек расположена выше этой линии. Связано это с тем, что аккумулированная в ночные часы теплота при более низких температурах наружного воздуха не успевает расходоваться при резком потеплении в дневное время.

Максимальное значение температуры в аккумулирующей емкости составило $+42,4^\circ\text{C}$ при $T_{\text{н}} = -20,45^\circ\text{C}$. Несмотря на работу электродвигателя на полную мощность 22 кВт в течение всего ночного тарифа, при более низких температурах наружного воздуха температура воды в аккумулирующей ёмкости не поднимается выше $+40^\circ\text{C}$ из-за более глубокого охлаждения в дневные часы. Динамика температур в аккумулирующей емкости $T_{\text{ак}}$, температуры внутреннего воздуха $T_{\text{в}}$, задействованных электрических мощностей при средней $T_{\text{н}} = -26^\circ\text{C}$ (15 января) приведена на рисунке 7. Как видно из графика, к 23-00 происходит охлаждение воды в аккумулирующей емкости ниже $+20^\circ\text{C}$, т.е. ниже температуры внутреннего воздуха. Это свидетельствует о недостаточном слое тепловой изоляции 50 мм в конструкции ВТП первого этажа. К окончанию времени ночного тарифа и далее в дневное время перегрева помещений не возникает, дефицит теплоты компенсируется электрическими конвекторами.

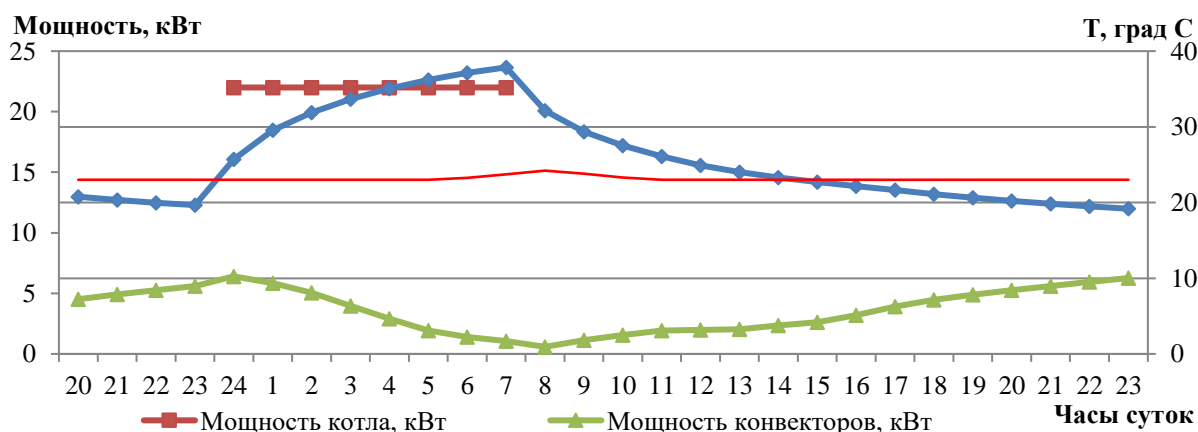


Рис. 7 – Динамика температур в аккумулирующей емкости $T_{\text{ак}}$, температуры внутреннего воздуха $T_{\text{в}}$, задействованных электрических мощностей в течение суток при средней $T_{\text{н}} = -26^\circ\text{C}$ для базового варианта «50+50»

Динамика температур в аккумулирующей емкости $T_{\text{ак}}$, температуры внутреннего воздуха $T_{\text{в}}$, задействованных электрических мощностей при средней $T_{\text{н}} = -26^\circ\text{C}$ (15 января) при толщине утеплителя 100 мм и стяжке 100 мм приведена на рисунке 8. Температура внутреннего воздуха на рисунке 7 и на рисунке 8 приводится только для первого этажа. Для второго этажа температура внутреннего воздуха в обоих случаях постоянна и равна 23°C , что свидетельствует об отсутствии там избытка теплоты.

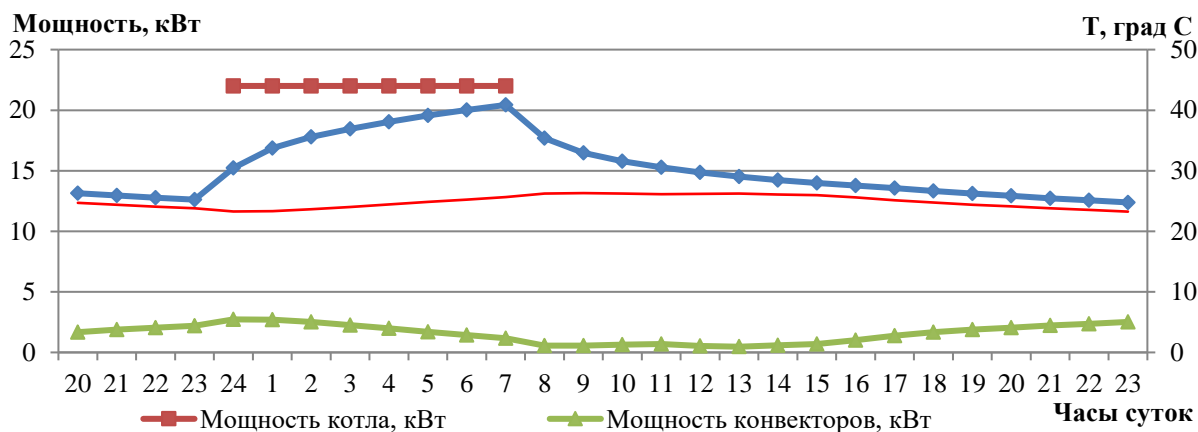


Рис. 8 – Динамика температур в аккумулирующей емкости $T_{ак}$, температуры внутреннего воздуха $T_{в}$, задействованных электрических мощностей в течение суток при средней $T_n = -26\text{ }^{\circ}\text{C}$ для варианта «100+100»

Как видно из графика на рисунке 8, дополнительное утепление и увеличенная стяжка пола приводит к меньшему охлаждению воды в аккумулирующей емкости. Температура воздуха на первом этаже не опускается ниже $+23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, следовательно электрические конвекторы включаются только на втором этаже.

Вернемся к базовой конструкции ВТП «50+50» и рассмотрим динамику при более высокой температуре наружного воздуха. На рисунке 9 показана динамика показателей при средней $T_n = -12,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10 марта). Как видно из графика на рисунке 9, электродкотел пытается поднять температуру до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в соответствии с графиком на рисунке 6, т. к. в ночные часы происходит снижение наружных температур воздуха до $T_n = -17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Днем, из-за более высоких температур наружного воздуха и теплоступлений от солнечной радиации, существенного охлаждения воды, как на рисунке 7, не происходит. В конечном итоге это приводит к перегреву помещений. В течение 14 часов за рассматриваемые сутки $PPD > 20\text{ }\%$.

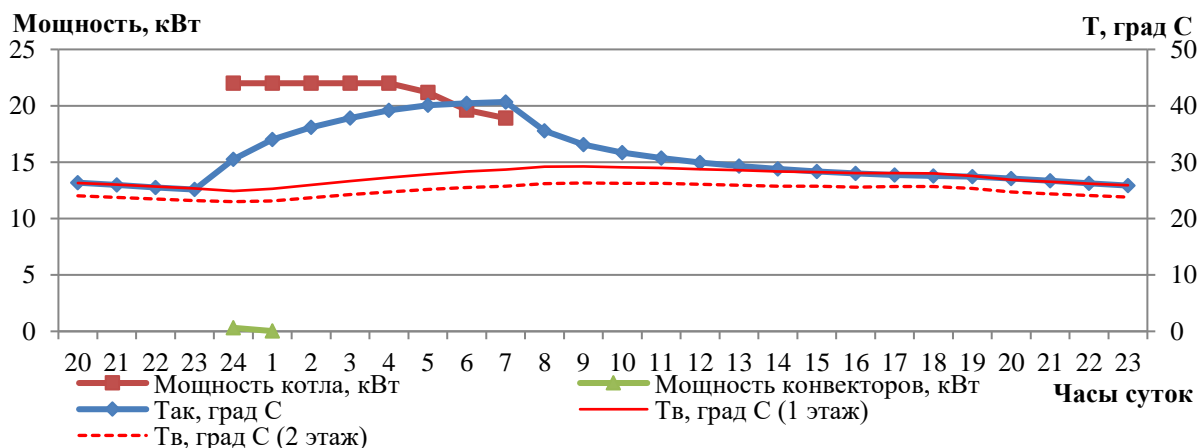


Рис. 9 – Динамика температур в аккумулирующей емкости $T_{ак}$, температуры внутреннего воздуха $T_{в}$, задействованных электрических мощностей в течение суток при средней $T_n = -12,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ для варианта «50+50»

Заключение

В работе была рассмотрена одна из простых гибридных систем электроотопления с аккумуляцией теплоты в слое теплого пола и аккумулирующей емкости, которая была реализована в эксплуатируемом жилом здании [2].

Динамическое моделирование работы данной системы электроотопления в течение года позволило определить оптимальный температурный график регулирования, при котором будут постоянно соблюдаться комфортные условия (ноль часов с $PPD < 20\text{ }\%$).

При стремлении добиться минимума платы за электроотопление, существенную часть времени потребители будут испытывать дискомфорт, связанный с перегревом помещений.

При моделировании определены удельные показатели платы за отопление за 1 м^2 в средние сутки отопительного периода при различных температурных графиках и вариантах системы ВТП. Показано, что при увеличении аккумулирующей емкости в два раза и мощности котла с 22 до 27 кВт средний удельный показатель платы за электроотопление, при условии постоянного соблюдения комфорта, снизится с 1,09 до 1,00 руб./($\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$), т.е. на 8,2 %. При этом теоретический минимум платы за электроотопление при 100% ночной аккумуляции теплоты и данном уровне тепловой защиты здания составляет 0,82 руб./($\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$). Поэтому совершенствование рассмотренной системы с помощью организации подмеса из обратной линии контура теплого пола и разделения теплового режима теплого пола и аккумулирующей емкости может не привести к желаемому результату. Уменьшение платы за электроотопление может оказаться недостаточным для компенсации затрат на установку дополнительного насосного оборудования и автоматики.

Более существенного снижения платы можно достичь при увеличении слоя утеплителя и слоя стяжки в системе ВТП до 100 мм. В таком случае удельный показатель платы за электроотопление составит 0,90 руб./($\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$), т.е. снижение относительно базового варианта будет уже 17 %.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Москва : Минрегион России, 2012. – 100 с.
2. Шумилин Е.В. Электрическое отопление по ночному тарифу индивидуального жилого дома в г. Хабаровске / Е.В. Шумилин, С.А. Псаров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 5(119). – С. 108–114.
3. ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 39 с.
4. Усмонов Ш.З. Моделирование энергетических затрат на отопление и охлаждение 5-этажного жилого дома и оценка температурных условий по индексам теплового комфорта PMV и PPD / Ш.З. Усмонов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 10. – С. 216–229. – EDN RFXHYX.
5. Сулин А.Б. Расчетное обоснование параметров микроклимата с заданным уровнем теплового комфорта / А.Б. Сулин, Т.В. Рябова, С.В. Иванов и др. // Холодильная техника. – 2017. – № 4. – С. 35–39. – EDN ZRTQBV.
6. Рябова Т.В. Обоснование и расчет эквивалентных параметров теплового комфорта помещения / Т.В. Рябова, А.Б. Сулин, Ю. Н. Санкина // Вестник Международной академии холода. – 2018. – № 2. – С. 78–84. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-2-78-94. – EDN XYOYWL.
7. Псаров С.А. Пассивные методы энергосбережения и климатизации помещений в условиях Г. Хабаровска / С.А. Псаров, Е.В. Шумилин // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2017. – № 1. – С. 338–342. – EDN ZXJIGX.
8. Поддубный Р.А. Программные продукты для расчета уровня теплового комфорта / Р.А. Поддубный, Т.В. Рябова, А.Б. Сулин // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке : Материалы VIII Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 15–17 ноября 2017 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2017. – С. 159–161. – EDN USTLAS.
9. ГОСТ 30494. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 12 с.
10. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 148 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. SP 50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdaniy. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 23-02-2003 [Thermal protection of buildings. Updated edition SNiP 23-02-2003]. – Moscow : Minregion Rossii, 2012. – 100 p. [in Russian]
2. Shumilin E.V. Jelektricheskoe otoplenie po nochnomu tarifu individual'nogo zhilogo doma v g. Habarovske [Electric heating at the night rate of an individual residential building in Khabarovsk] / E.V. Shumilin, S.A. Psarov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – 2022. – № 5(119). – P. 108–114. [in Russian]
3. GOST R ISO 7730-2009. Jergonomika termal'noj sredy. Analiticheskoe opredelenie i interpretacija komfortnosti teplovogo rezhima s ispol'zovaniem rascheta pokazatelej PMV i PPD i kriteriev lokal'nogo teplovogo komforta [Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of the comfort of the thermal regime using the calculation of PMV and PPD indicators and criteria for local thermal comfort]. – Moscow : Standartinform, 2011. – 39 p. [in Russian]
4. Usmonov Sh.Z. Modelirovanie jenergeticheskikh zatrat na otoplenie i ohlazhdenie 5-jetazhnogo zhilogo doma i ocenka temperaturnyh uslovij po indeksam teplovogo komforta PMV i PPD [Modeling of energy costs for heating and cooling of a 5-storey residential building and assessment of temperature conditions according to the indices of thermal comfort PMV and PPD] / Sh.Z. Usmonov // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. – 2013. – № 10. – P. 216–229. – EDN RFXHYX. [in Russian]
5. Sulin A.B. Raschetnoe obosnovanie parametrov mikroklimate s zadannym уровнем теплового комфорта [Calculation substantiation of microclimate parameters with a given level of thermal comfort] / A.B. Sulin, T.V. Ryabova, S.V. Ivanov et al. // Refrigerating equipment. – 2017. – № 4. – P. 35–39. – EDN ZRTQBV. [in Russian]
6. Ryabova T.V. Obosnovanie i raschet jekvivalentnyh parametrov teplovogo komforta pomeshhenija [Justification and calculation of equivalent parameters of thermal comfort of the room] / T.V. Ryabova, A.B. Sulin, Yu.N. Sankina // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda [Bulletin of the International Academy of Cold]. – 2018. – № 2. – P. 78–84. DOI 10.17586/1606-4313-2018-17-2-78-94. – EDN XYOYWL. [in Russian]
7. Psarov S.A. Passivnye metody jenergosberezhenija i klimatizacii pomeshhenij v uslovijah G. Habarovska [Passive methods of energy saving and climate control of buildings in the conditions of Khabarovsk] / S.A. Psarov, E.V. Shumilin // Dal'nij Vostok: problemy razvitiia arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa [Far East: problems of development of the architectural and construction complex]. – 2017. – № 1. – P. 338–342. – EDN ZXJIGX. [in Russian]
8. Poddubny R.A. Programmnye produkty dlja rascheta urovnja teplovogo komforta [Software products for calculating the level of thermal comfort] / R.A. Poddubny, T.V. Ryabova, A.B. Sulin // Nizkotemperaturnye i pishhevye tehnologii v XXI veke [Low-temperature and food technologies in the XXI century] : Materials of the VIII International Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, November 15-17, 2017. – Saint Petersburg : Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2017. – P. 159–161. – EDN USTLAS. [in Russian]
9. GOST 30494. Zdanija zhilye i obshhestvennye. Parametry mikroklimate v pomeshhenijah [GOST 30494. Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters]. – Moscow : Standartinform, 2013. – 12 p. [in Russian]
10. SP 131.13330.2020. Stroitel'naja klimatologija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 23-01-99* [SP 131.13330.2020. Construction climatology. Updated edition SNiP 23-01-99*]. – Moscow : Standartinform, 2021. – 148 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.008>

**РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ СЕРПАНТИН
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫМ МЕТОДОМ ПРОФЕССОРА ДУБЕЛИРА Г.Д.**
Научная статья

Лопашук В.В.^{1,*}, Лопашук А.В.², Лопашук С.В.³

¹ ORCID: 0000-0003-2005-6055;

² ORCID: 0000-0002-7823-3889;

³ ORCID: 0000-0002-5732-6242;

^{1,2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия;

³ ООО «Прогресс-ДВ», Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (VLopashuk[at]27pro.ru)

Аннотация

Расчет серпантин на автомобильных дорогах сводится к вычислению углов поворота вспомогательных закруглений. Если центр основного закругления расположен в точке пересечения ветвей, а вспомогательные закругления симметричные (простые серпантины) расчет выполняют по точным формулам. Простые серпантины встречаются очень редко. Смещая центр основного закругления серпантин становится сложной. Для сложных серпантин известен только один точный метод расчета, описанный профессором Дубелиром Г.Д. Однако, предложенный им метод трудоемкий, использует четыре системы координат и применим только для серпантин первого рода с круговыми вспомогательными кривыми. Все это не позволило внедрить в практику проектирования метод Дубелира Г.Д. Серпантины просто конструируют, собирают из нескольких, независимых закруглений.

В настоящей статье усовершенствован расчет серпантин по методу профессора Дубелира Г.Д.: предложено использовать прямоугольную и радиальную системы координат; получены точные формулы для расчета серпантин любого вида и рода; разработан единый алгоритм расчета. Обязательным условием применения предлагаемого метода является симметричность вспомогательных закруглений. Разработанный метод иллюстрирован примером расчета серпантин II рода.

Ключевые слова: Автомобильная дорога, закругление, серпантин, переходная кривая, угол поворота трассы, радиус круговой кривой, тангенс закругления.

**CALCULATION OF COMPLEX SERPENTIN
WITH THE IMPROVED METHOD OF PROFESSOR G.D. DUBELIR**
Research article

Lopashuk V.V.^{1,*}, Lopashuk A.V.², Lopashuk S.V.³

¹ ORCID: 0000-0003-2005-6055;

² ORCID: 0000-0002-7823-3889;

³ ORCID: 0000-0002-5732-6242;

^{1,2} Pacific National University, Khabarovsk, Russia;

³ «Progress-DV» LLC, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (VLopashuk[at]27pro.ru)

Abstract

The calculation of serpentin on autoroads is reduced to the calculation of angular movements of auxiliary turns. If the center of the main turn is located at the intersection of the branches, and the auxiliary turns are symmetrical (simple serpentin), the calculation is performed in accordance to exact formulas. Simple serpentin is very rare. Shifting the center of the main turn of the serpentin becomes complicated. For complex serpentin, only one exact calculation method is known, described by Professor Dubelir G.D. However, the method proposed by him is laborious, uses four coordinate systems and is applicable only for serpentin of the first genus with circular auxiliary turns. All this did not allow the Dubelir G.D. method to be introduced into the design practice. Serpentin is simply constructed, assembled from several independent turns.

In this article, the calculation of serpentin is improved by the method of Professor Dubelir G.D.: it is proposed to use rectangular and radial coordinate systems; exact formulas for calculating serpentin of any kind and genus are obtained; a unified calculation algorithm is developed. A prerequisite for the application of the proposed method is the symmetry of the auxiliary turns. The developed method is illustrated by an example of calculating a serpentin of the II genus.

Keywords: Highway, curving, serpentin, transition turn, the road rotation angle, the radius of the circular curve, the tangent of the curving.

Введение

При проектировании автомобильных дорог в горных условиях, преодолевая крутые подъемы, проектировщик удлиняет трассу, прокладывая ее под острым углом к горизонталям, зигзагами. Переломы проектной линии сопрягают несколькими закруглениями, описывающими острый угол перелома с внешней стороны. Такие комбинации закруглений называются серпантинами и они состоят из трех закруглений и двух прямых вставок, расположенными между закруглениями (рис.1). Закругления могут быть не симметричными с переходными кривыми и круговой вставкой. Центр основного закругления располагается в любом месте, не обязательно в вершине угла поворота.

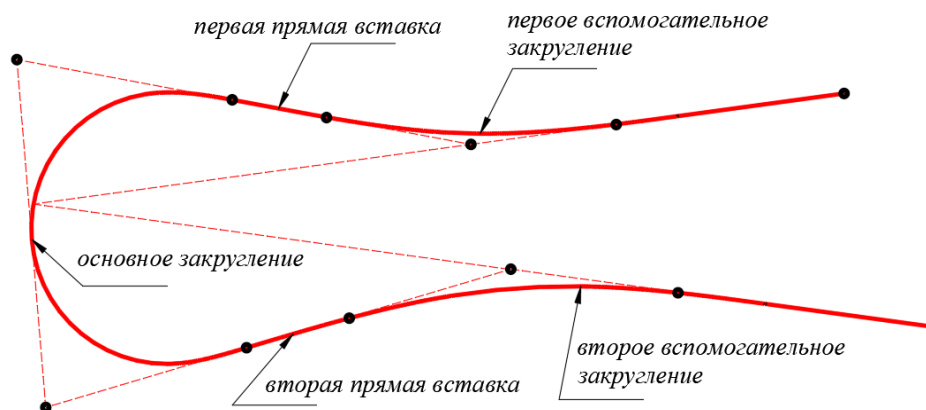


Рис.1 – Общий вид серпантины

Серпантина является сложным, состоящим в общем виде из 11 единичных элементов трассы: двух прямых, трех круговых кривых и шести клотоид, сопрягаемых между собой прямые и круговые кривые. В тоже время серпантину следует рассматривать как единый элемент, подчиняющийся закономерностям конфигурирования, когда, например, при изменении положения центра основного закругления меняется положение и конфигурация единичных элементов.

Расчетами серпантин занимались достаточно давно. Еще в справочнике инженера дорожника 1935 года [1] приведены понятия нормальных, упрощенных серпантин и площадок.

По всей сложности расчета серпантин, их можно разделить на две группы: простые (упрощенные), когда центр основного закругления находится в точке пересечения ветвей серпантины; сложные, когда центр основного закругления смещен в любом направлении относительно точки пересечения ветвей серпантины. Расчет любых серпантин сводится к вычислению углов поворота вспомогательных закруглений.

Формулы расчета углов поворота вспомогательных закруглений для простых серпантин достаточно просты, описаны многими авторами справочников, учебников и учебных пособий, позволяют однозначно вычислять углы, при условии, что вспомогательные закругления должны быть симметричными, т.е. иметь одинаковую длину переходных кривых в начале и в конце круговой вставки.

Сложные серпантины не имеют единого «подхода» к вычислению указанных углов поворота, и расчет углов сводится к решению математическими методами геометрических и тригонометрических задач.

В отечественной практике расчета сложных серпантин можно выделить три различных метода:

- описанный в учебнике «Основы проектирования автомобильных дорог» под редакцией профессора Дубелира Г.Д. за 1938 год [2];

- изложенный Седельниковым П.И. в «Руководстве по расчету и разбивке серпантин» в 1939 году [3];

- предложенный Митиным Н.А. в книге «Серпантины», изданной в 1972 и переизданной в 1980 годах [4].

Все другие авторы справочников, учебников и учебных пособий [5], [6], [8], [9] ссылаются на вышеуказанные методы, в основном на «Руководство по расчету и разбивке серпантин».

Проведенными исследованиями методов расчета сложных серпантин установлено:

- методы Седельникова П.И. и Митина Н.А. позволяют получать либо приближенные результаты, либо требуют корректировки параметров серпантин по результатам расчета углов поворота вспомогательных закруглений;

- метод расчета углов поворота вспомогательных закруглений, предложенный Дубелиром Г.Д. хотя, и является точным, однако ограничивается серпантинами I рода (вспомогательные закругления имеют кривизну разной направленности, см. рис.1) и отсутствием переходных кривых на вспомогательных закруглениях;

- ни один из выше описанных методов расчета, в том числе и простых серпантин, не позволяет проектировать серпантины с не симметричными вспомогательными закруглениями;

- авторами настоящей публикации предложен единый метод расчета и проектирования серпантин любого вида и рода [10], в том числе с не симметричными вспомогательными закруглениями.

Несмотря на наличие общего метода расчета серпантин [10], представляет интерес усовершенствовать метод Дубелира Г.Д. для получения методики расчета серпантин любого вида и рода.

Расчет серпантины I рода

Одним из недостатков методики расчета углов поворота вспомогательных кривых по методу Г.Д. Дубелира является применение двух систем координат для задания центра основного закругления: $(X_1 \text{ и } Y_1)$ для первого и $(X_2 \text{ и } Y_2)$ для второго вспомогательных закруглений. Устраним этот недостаток задав положение центра основного закругления в полярной системе координат, соответствующей общей расчетной схеме серпантины: через расстояние l и угол ω , отсчитываем против часовой стрелки начиная от биссектрисы острого угла серпантины α .

В этом случае для первого вспомогательного закругления (рис. 2) можно записать:

$$\begin{aligned} X_1 &= l \sin\left(\omega - \frac{\alpha}{2}\right); \\ Y_1 &= l \cos\left(\omega - \frac{\alpha}{2}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

а для второго (рис. 3):

$$\begin{aligned} X_2 &= l \sin\left(\omega + \frac{\alpha}{2}\right); \\ Y_2 &= l \cos\left(\omega + \frac{\alpha}{2}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

Остановимся в расчетах только на вычислении углов поворота вспомогательных закруглений (β_1 и β_2), так как все последующие расчеты являются стандартными.

Расчет выполним последовательно для первого и второго вспомогательных закруглений. Расчётная схема для определения угла β_1 приведена на рис. 2. Рассматривая треугольники $\Delta O_1 S_1' M_1'$ и $\Delta O_1 F_1' M_1'$ можно установить, что оба треугольника прямоугольные, имеют общую гипотенузу $O_1 M_1'$. Катеты первого треугольника $\Delta O_1 S_1' M_1'$ равны:

$$O_1 S_1' = R_{01} + R_1; \quad S_1' M_1' = t_{01} + d_1,$$

где $R_{01} = R_0 + p_{01}$ – радиус круговой кривой основного закругления (R_0) и сдвигка переходной кривой в начале основного закругления (p_{01});

R_1 – радиус круговой кривой первого вспомогательного закругления;

t_{01} – тангенс переходной кривой в начале основного закругления;

d_1 – прямая вставка между концом первого вспомогательного закругления и началом основного закругления.

Катеты второго треугольника $\Delta O_1 F_1' M_1'$ равны:

$$M_1' F_1' = R_1 - X_1;$$

$$O_1 F_1' = U_1 + T_1,$$

где R_1 – радиус круговой кривой первого вспомогательного закругления;

X_1 и Y_1 – ордината и абсцисса центра основного закругления в системе координат: центр в точке пересечения ветвей серпантин, абсцисса – по направления верхней ветви серпантин;

U_1 – проекция расстояние от центра основного закругления до BV_1 на ось абсцисс;

T_1 – тангенс круговой кривой первого вспомогательного закругления.

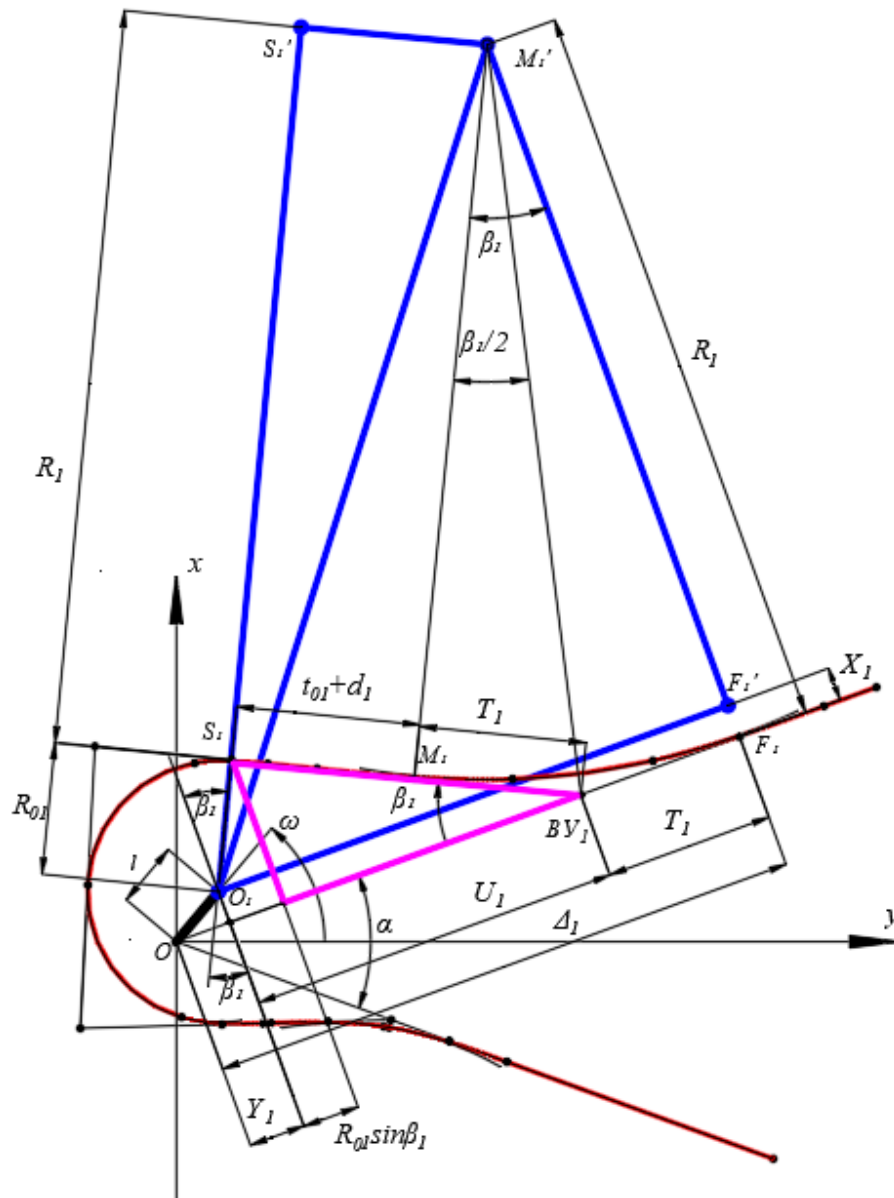


Рис. 2 – Расчетная схема серпантинной I рода для определения угла поворота β_1 первого вспомогательного закругления

С учетом единства биссектрисы прямоугольных треугольников можно записать:

$$(R_{01} + R_1)^2 + (t_{01} + d_1)^2 = (R_1 - X_1)^2 + (U_1 + T_1)^2 \quad (3)$$

Обозначим через Δ_1 расстояние от центра пересечения ветвей серпантинной до начала первого вспомогательного закругления, тогда:

$$\Delta_1 = Y_1 + U_1 + T_1 \quad (4)$$

Выразим из (3) $U_1 + T_1$:

$$U_1 + T_1 = \sqrt{R_{01}^2 + 2R_1(R_{01} + X_1) + (t_{01} + d_1)^2 - X_1^2} \quad (5)$$

И окончательно получим:

$$\Delta_1 = Y_1 + \sqrt{R_{01}^2 + 2R_1(R_{01} + X_1) + (t_{01} + d_1)^2 - X_1^2} \quad (6)$$

Из рис. 2 видно:

$$\begin{aligned} T_1 &= \Delta_1 - Y_1 - U_1; \\ U_1 &= R_{01} \sin \beta_1 + (t_{01} + d_1 + T_1) \cos \beta_1 \end{aligned} \quad (7)$$

Подставим (U_1) в выражение для (T_1) и группируя переменные получим:

$$T_1 = \frac{\Delta_1 - Y_1 - R_{01} \sin \beta_1 - (t_{01} + d_1) \cos \beta_1}{1 + \cos \beta_1} \quad (8)$$

Применим тригонометрические формулы понижения степени и двойного угла:

$$1 + \cos \beta_1 = 2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}; \sin \beta_1 = 2 \sin \frac{\beta_1}{2} \cos \frac{\beta_1}{2}; \cos \beta_1 = \cos^2 \frac{\beta_1}{2} - \sin^2 \frac{\beta_1}{2}$$

тогда:

$$T_1 = \frac{\Delta_1 - Y_1 - R_{01} 2 \sin \frac{\beta_1}{2} \cos \frac{\beta_1}{2} - (t_{01} + d_1) \cos^2 \frac{\beta_1}{2} + (t_{01} + d_1) \sin^2 \frac{\beta_1}{2}}{2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}};$$

Или

$$T_1 = \frac{\Delta_1}{2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}} - \frac{Y_1}{2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}} - R_{01} \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} - \frac{(t_{01} + d_1)}{2} + \frac{(t_{01} + d_1)}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2};$$

Заменяя $\cos^2 \frac{\beta_1}{2} = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2}}$, подставив $T_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}$ и сгруппировав переменные, получим квадратное

уравнение:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2} \left(\frac{\Delta_1 - Y_1 + t_{01} + d_1}{2 R_1} \right) - \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} \left(\frac{R_{01}}{R_1} + 1 \right) + \frac{\Delta_1 - Y_1 - t_{01} - d_1}{2 R_1} = 0;$$

Упростим уравнения, введя новые обозначения: $a = \Delta_1 - Y_1$; $b = t_{01} + d_1$ и разделив левую и правую части выражения на ($2 R_1$), получим:

$$(a + b) \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2} - 2(R_{01} + R_1) \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} + (a - b) = 0;$$

Найдем корни уравнения:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{2(R_{01} + R_1) + \sqrt{4(R_{01} + R_1)^2 - 4(a + b)(a - b)}}{2(a + b)};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{R_{01} + R_1 + \sqrt{R_{01}^2 + 2 R_{01} R_1 + R_1^2 - a^2 + b^2}}{a + b};$$

Принимая во внимание $a = \Delta_1 - Y_1 = \sqrt{R_{01}^2 + 2 R_1 (R_{01} + X_1) + (t_{01} + d_1)^2} - X_1^2$, получим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{R_{01} + R_1 + \sqrt{(X_1 - R_1)^2}}{a + b};$$

Окончательно формула приняла следующий вид:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{R_{01} + X_1}{\sqrt{R_{01}^2 + 2 R_1 (R_{01} + X_1) + (t_{01} + d_1)^2} - X_1^2 + t_{01} + d_1}; \quad (9)$$

Расчётная схема для определения угла β_2 приведена на рис. 3. Рассматривая треугольники $\Delta O_1 S_2' M_2'$ и $\Delta O_1 F_2' M_2'$ можно установить, что оба треугольника прямоугольные, имеют общую гипотенузу $O_1 M_2'$. Катеты первого треугольника $\Delta O_1 S_2' M_2'$ равны:

$$O_1 S_2' = R_{02} + R_2;$$

$$S_2' M_2' = t_{02} + d_2,$$

где $R_{02} = R_0 + p_{02}$ – радиус круговой кривой основного закругления (R_0) и сдвигка переходной кривой в конце основного закругления (p_{02});

R_2 – радиус круговой кривой второго вспомогательного закругления;

t_{02} – тангенс переходной кривой в конце основного закругления;

d_2 – прямая вставка между концом основного закругления и началом второго вспомогательного закругления.

Катеты второго треугольника $\Delta O_1 F_2' M_2'$ равны:

$$M_2' F_2' = R_2 + X_2;$$

$$O_1 F_2' = U_2 + T_2,$$

где R_2 – радиус круговой кривой второго вспомогательного закругления;

X_2 и Y_2 – ордината и абсцисса центра основного закругления в системе координат: центр в точке пересечения ветвей серпантины, абсцисса – по направлению нижней ветви серпантины;

U_2 – проекция расстояние от центра основного закругления до BV_2 на ось абсцисс;

T_2 – тангенс круговой кривой второго вспомогательного закругления.

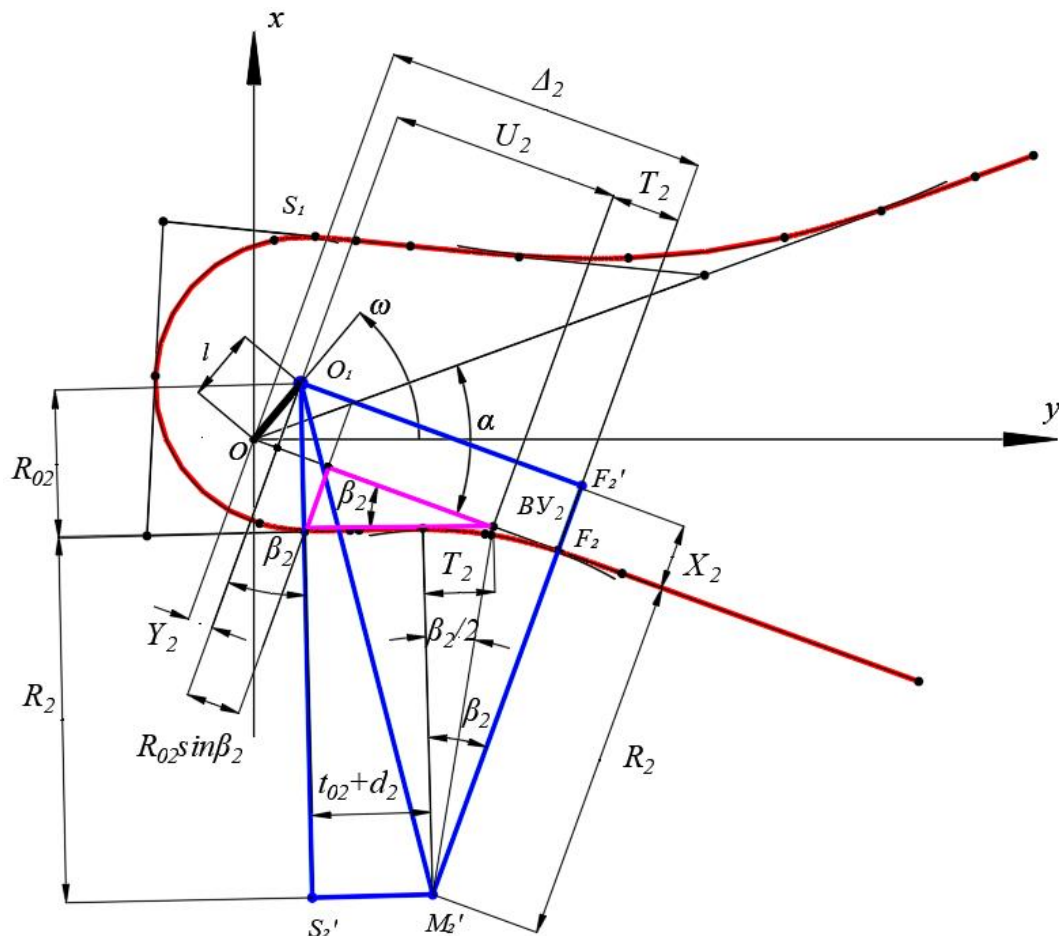


Рис. 3 – Расчётная схема серпантины I рода для определения угла поворота β_2 второго вспомогательного закругления

С учетом единства биссектрисы прямоугольных треугольников можно записать:

$$(R_{02} + R_2)^2 + (t_{02} + d_2)^2 = (R_2 + X_2)^2 + (U_2 + T_2)^2 \quad (10)$$

Обозначим через Δ_2 – расстояние от центра пересечения ветвей серпантины до начала второго вспомогательного закругления, тогда:

$$\Delta_2 = Y_2 + U_2 + T_2 \quad (11)$$

Выразим из (10) $U_2 + T_2$:

$$U_2 + T_2 = \sqrt{R_{02}^2 + 2R_2(R_{02} - X_2) + (t_{02} + d_2)^2 - X_2^2} \quad (12)$$

И окончательно получим:

$$\Delta_2 = Y_2 + \sqrt{R_{02}^2 + 2R_2(R_{02} - X_2) + (t_{02} + d_2)^2 - X_2^2} \quad (13)$$

Из рис. 3 видно:

$$T_2 = \Delta_2 - Y_2 - U_2; \quad (14)$$

$$U_2 = R_{02} \sin \beta_2 + (t_{02} + d_2 + T_2) \cos \beta_2$$

Подставим (U_2) в выражение для (T_2) и группируя переменные получим:

$$T_2 = \frac{\Delta_2 - Y_2 - R_{02} \sin \beta_2 - (t_{02} + d_2) \cos \beta_2}{1 + \cos \beta_2} \quad (15)$$

Применим тригонометрические формулы понижения степени и двойного угла:

$$1 + \cos \beta_2 = 2 \cos^2 \frac{\beta_2}{2}; \sin \beta_2 = 2 \sin \frac{\beta_2}{2} \cos \frac{\beta_2}{2}; \cos \beta_2 = \cos^2 \frac{\beta_2}{2} - \sin^2 \frac{\beta_2}{2}$$

Тогда:

$$T_2 = \frac{\Delta_2 - Y_2 - R_{02} 2 \sin \frac{\beta_2}{2} \cos \frac{\beta_2}{2} - (t_{02} + d_2) \cos^2 \frac{\beta_2}{2} + (t_{02} + d_2) \sin^2 \frac{\beta_2}{2}}{2 \cos^2 \frac{\beta_2}{2}};$$

Или

$$T_2 = \frac{\Delta_2}{2 \cos^2 \frac{\beta_2}{2}} - \frac{Y_2}{2 \cos^2 \frac{\beta_2}{2}} - R_{02} \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} - \frac{(t_{02} + d_2)}{2} + \frac{(t_{02} + d_2)}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_2}{2};$$

Заменив $\cos^2 \frac{\beta_2}{2} = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_2}{2}}$, подставив $T_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2}$ и сгруппировав переменные, получим квадратное

уравнение:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\beta_2}{2} \left(\frac{\Delta_2 - Y_2 + t_{02} + d_2}{2R_2} \right) - \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} \left(\frac{R_{02}}{R_2} + 1 \right) + \frac{\Delta_2 - Y_2 - t_{02} - d_2}{2R_2} = 0.$$

Упростим уравнения введя новые обозначения: $a = \Delta_2 - Y_2$; $b = t_{02} + d_2$ и разделив левую и правую части выражения на $(2R_2)$, получим:

$$(a + b) \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_2}{2} - 2(R_{02} + R_2) \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} + (a - b) = 0;$$

Найдем корни уравнения:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{2(R_{02} + R_2) - \sqrt{4(R_{02} + R_2)^2 - 4(a+b)(a-b)}}{2(a+b)};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{R_{02} + R_2 - \sqrt{R_{02}^2 + 2R_{02}R_2 + R_2^2 - a^2 + b^2}}{a+b};$$

Принимая во внимание $a = \Delta_2 - Y_2 = \sqrt{R_{02}^2 + 2R_2(R_{02} - X_2) + (t_{02} + d_2)^2} - X_2^2$, получим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{R_{02} + R_2 - \sqrt{(R_2 + X_2)^2}}{a+b};$$

Окончательно формула приняла следующий вид:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{R_{02} - X_2}{\sqrt{R_{02}^2 + 2R_2(R_{02} - X_2) + (t_{02} + d_2)^2} - X_2^2 + t_{02} + d_2}; \quad (16)$$

При выводе формул (9 и 16) было принято, что вспомогательные закругления не имеют переходных кривых. Однако указанное ограничение является избыточным. Для симметричных вспомогательных закруглений эти формулы можно с успехом применять. Для этого вместо величин (d_1 и d_2) следует использовать ($d_1 + t_1$ и $d_2 + t_2$), а вместо величин (R_1 и R_2) следует использовать ($R_1 + p_1$ и $R_2 + p_2$), где (t_1 и t_2) и (p_1 и p_2) являются тангенсами переходных и сдвигами круговых кривых вспомогательных закруглений.

Применим переменную (i) для обозначения номеров вспомогательных закруглений, можно предложить общую формулу для нахождения углов поворота вспомогательных закруглений серпантины I рода:

$$\begin{aligned} R_{0i} &= R_0 + p_{0i}; \\ R_i' &= R_i + p_i; \\ M_i &= R_{0i} + X_i(3 - 2i); \\ m_i &= t_{0i} + d_i + t_i; \\ \operatorname{tg} \frac{\beta_i}{2} &= \frac{M_i}{\sqrt{(R_{0i})^2 + 2R_i'M_i + m_i^2 - X_i^2 + m_i}}; \end{aligned} \quad (17)$$

Расчет серпантины II рода

Расчет серпантины II рода выполним последовательно для первого и второго вспомогательных закруглений. Расчётная схема (рис.4) позволит определить угол β_1 . Рассматривая треугольники $\Delta O_1S_1'M_1'$ и $\Delta O_1F_1'M_1'$ можно установить, что оба треугольника прямоугольные, имеющие общую гипотенузу O_1M_1' .

Катеты первого треугольника $\Delta O_1S_1'M_1'$ равны:

$$\begin{aligned} O_1S_1' &= R_1 - R_{01}; \\ S_1'M_1' &= t_{01} + d_1, \end{aligned}$$

где $R_{01} = R_0 + p_{01}$ – радиус круговой кривой основного закругления (R_0) и сдвигка переходной кривой в начале основного закругления (p_{01});

R_1 – радиус круговой кривой первого вспомогательного закругления;

t_{01} – тангенс переходной кривой в начале основного закругления;

d_1 – прямая вставка между концом первого вспомогательного закругления и началом основного закругления.

Катеты второго треугольника $\Delta O_1F_1'M_1'$ равны:

$$\begin{aligned} M_1'F_1' &= R_1 - X_1; \\ O_1F_1' &= U_1 + T_1, \end{aligned}$$

где R_1 – радиус круговой кривой первого вспомогательного закругления;

X_1 и Y_1 – ордината и абсцисса центра основного закругления в системе координат: центр в точке пересечения ветвей серпантины, абсцисса – по направлению верхней ветви серпантины;

U_1 – проекция расстояние от центра основного закругления до BY_1 на ось абсцисс;

T_1 – тангенс круговой кривой первого вспомогательного закругления.

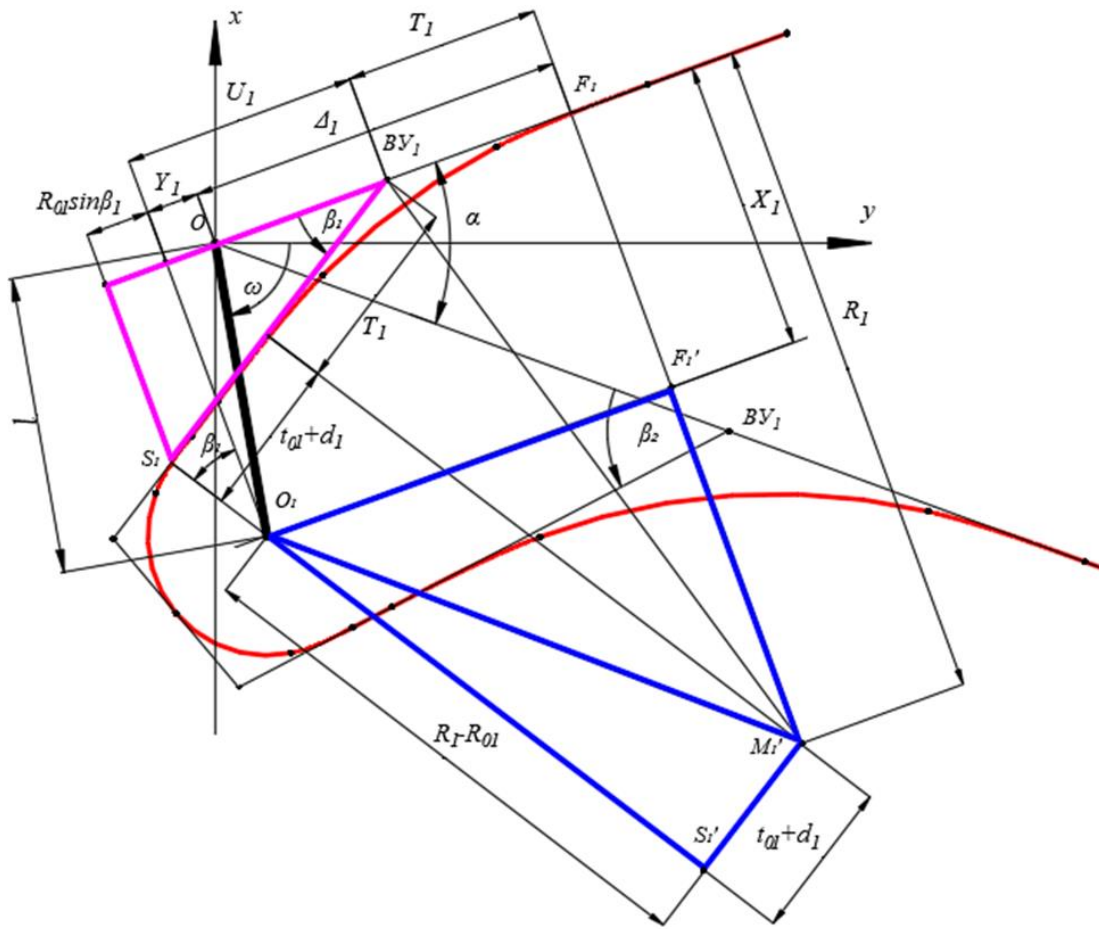


Рис. 4 – Расчетная схема серпантины II рода для определения угла поворота

С учетом единства биссектрисы прямоугольных треугольников можно записать:

$$(R_1 - R_{01})^2 + (t_{01} + d_1)^2 = (R_1 - X_1)^2 + (U_1 + T_1)^2 \quad (18)$$

Обозначим через Δ_1 – расстояние от центра пересечения ветвей серпантины до начала первого вспомогательного закругления, тогда:

$$\Delta_1 = -Y_1 + U_1 + T_1. \quad (19)$$

Выразим из (18) $U_1 + T_1$:

$$U_1 + T_1 = \sqrt{R_{01}^2 - 2R_1(R_{01} - X_1) + (t_{01} + d_1)^2 - X_1^2} \quad (20)$$

И окончательно получим:

$$\Delta_1 = -Y_1 + \sqrt{R_{01}^2 - 2R_1(R_{01} - X_1) + (t_{01} + d_1)^2 - X_1^2} \quad (21)$$

Из рис. 4 видно:

$$T_1 = \Delta_1 + Y_1 - U_1; \quad U_1 = -R_{01}\sin\beta_1 + (t_{01} + d_1 + T_1)\cos\beta_1 \quad (22)$$

Подставим (U_1) в выражение для (T_1) и группируя переменные получим:

$$+T_1 = \frac{\Delta_1 + Y_1 + R_{01}\sin\beta_1 - (t_{01} + d_1)\cos\beta_1}{1 + \cos\beta_1} \quad (23)$$

Применим тригонометрические формулы понижения степени и двойного угла:

$$1 + \cos \beta_1 = 2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}; \sin \beta_1 = 2 \sin \frac{\beta_1}{2} \cos \frac{\beta_1}{2}; \cos \beta_1 = \cos^2 \frac{\beta_1}{2} - \sin^2 \frac{\beta_1}{2}$$

тогда:

$$T_1 = \frac{\Delta_1 + Y_1 + R_{01} 2 \sin \frac{\beta_1}{2} \cos \frac{\beta_1}{2} - (t_{01} + d_1) \cos^2 \frac{\beta_1}{2} + (t_{01} + d_1) \sin^2 \frac{\beta_1}{2}}{2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}};$$

Или

$$T_1 = \frac{\Delta_1}{2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}} + \frac{Y_1}{2 \cos^2 \frac{\beta_1}{2}} + R_{01} \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} - \frac{(t_{01} + d_1)}{2} + \frac{(t_{01} + d_1)}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2};$$

Заменяя $\cos^2 \frac{\beta_1}{2} = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2}}$, подставив $T_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}$ и сгруппировав переменные, получим квадратное

уравнение:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2} \left(\frac{\Delta_1 + Y_1 + t_{01} + d_1}{2 R_1} \right) - \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} \left(1 - \frac{R_{01}}{R_1} \right) + \frac{\Delta_1 + Y_1 - t_{01} - d_1}{2 R_1} = 0;$$

Упростим уравнения введя новые обозначения: $a = \Delta_1 + Y_1; b = t_{01} + d_1$, – и разделив левую и правую части выражения на $(2 R_1)$, получим:

$$(a + b) \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_1}{2} - 2(R_1 - R_{01}) \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} + (a - b) = 0;$$

Найдем корни уравнения:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{2(R_1 - R_{01}) + \sqrt{4(R_1 - R_{01})^2 - 4(a + b)(a - b)}}{2(a + b)};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{R_1 - R_{01} + \sqrt{R_1^2 - 2 R_{01} R_1 + R_{01}^2 - a^2 + b^2}}{a + b};$$

Принимая во внимание: $a = \Delta_1 + Y_1 = \sqrt{R_{01}^2 - 2 R_1 (R_{01} - X_1) + (t_{01} + d_1)^2} - X_1^2$, – получим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{R_{01} + R_1 + \sqrt{(X_1 - R_1)^2}}{a + b};$$

Окончательно формула для нахождения первого вспомогательного угла поворота серпантины II рода приняла следующий вид:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{R_{01} + X_1}{\sqrt{R_{01}^2 - 2 R_1 (R_{01} + X_1) + (t_{01} + d_1)^2} - X_1^2 + t_{01} + d_1}; \quad (24)$$

По аналогии получена формула для нахождения второго вспомогательного угла поворота серпантины II рода:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{R_{02} - X_2}{\sqrt{R_{02}^2 - 2 R_2 (R_{02} - X_2) + (t_{02} + d_2)^2} - X_2^2 + t_{02} + d_2}; \quad (25)$$

Сопоставляя формулы (9) и (16), а также (24) и (25) можно установить, что они попарно отличаются знаком части подкоренного выражения $(2 R_1 (R_{01} + X_1))$ и $(2 R_2 (R_{02} - X_2))$. Для серпантин первого рода перед этими выражениями стоит знак (+), а для серпантин второго рода – знак (-).

Если использовать переменную (n), которая будет принимать значение (+1) серпантины I рода и (-1) серпантин II рода, а также применяя переменную (i) для обозначения номеров вспомогательных закруглений получим общую формулу для расчета углов поворота вспомогательных закруглений серпантины любого вида и рода:

$$\begin{aligned}
 X_i &= l \sin \left(\omega - \frac{\alpha}{2} (3 - 2i) \right); \\
 R_{0i} &= R_0 + p_{0i}; \\
 R_i' &= R_i + p_i; \\
 M_i &= R_{0i} + X_i (3 - 2i); \\
 m_i &= t_{0i} + d_i + t_i; \\
 \operatorname{tg} \frac{\beta_i}{2} &= \frac{M_i}{\sqrt{(R_{0i})^2 + n 2 R_i' M_i + m_i^2 - X_i^2 + m_i}};
 \end{aligned} \tag{26}$$

Как показали тестовые расчеты серпантин, если подкоренное выражение $((R_{0i})^2 + 2 R_i' M_i + m_i^2 - X_i^2)$ положительное, то угол (β_i) будет также положителен, что соответствует серпантине первого рода.

Если подкоренное выражение $((R_{0i})^2 + 2 R_i' M_i + m_i^2 - X_i^2)$ отрицательное, то следует принять ($n = -1$) и вычислить заново $((R_{0i})^2 + n 2 R_i' M_i + m_i^2 - X_i^2)$. В этом случае угол (β_i) будет также отрицательным, что соответствует серпантине второго рода.

Если подкоренное выражение $((R_{0i})^2 + n 2 R_i' M_i + m_i^2 - X_i^2)$ при любом значении (n) отрицательное, то рассчитать серпантину при заданных исходных данных не возможно. Этот случай имеет место при значительном удалении центра основного закругления от точки пересечения ветвей серпантины.

Блок-схема алгоритма вычисления углов поворота вспомогательных закруглений с использованием уравнения (26) представлена на рис.5.

В частном случае простой серпантины (центр основного закругления находится в точке пересечения ветвей серпантины), величина (X_i) равна нулю и уравнение (26) преобразуется к простому виду (27):

$$\begin{aligned}
 R_{0i} &= R_0 + p_{0i}; \\
 R_i' &= R_i + p_i; \quad m_i = t_{0i} + d_i + t_i; \\
 \operatorname{tg} \frac{\beta_i}{2} &= \frac{R_{0i}}{\sqrt{m_i^2 + R_{0i} (R_{0i} + 2 R_i') + m_i}};
 \end{aligned} \tag{27}$$

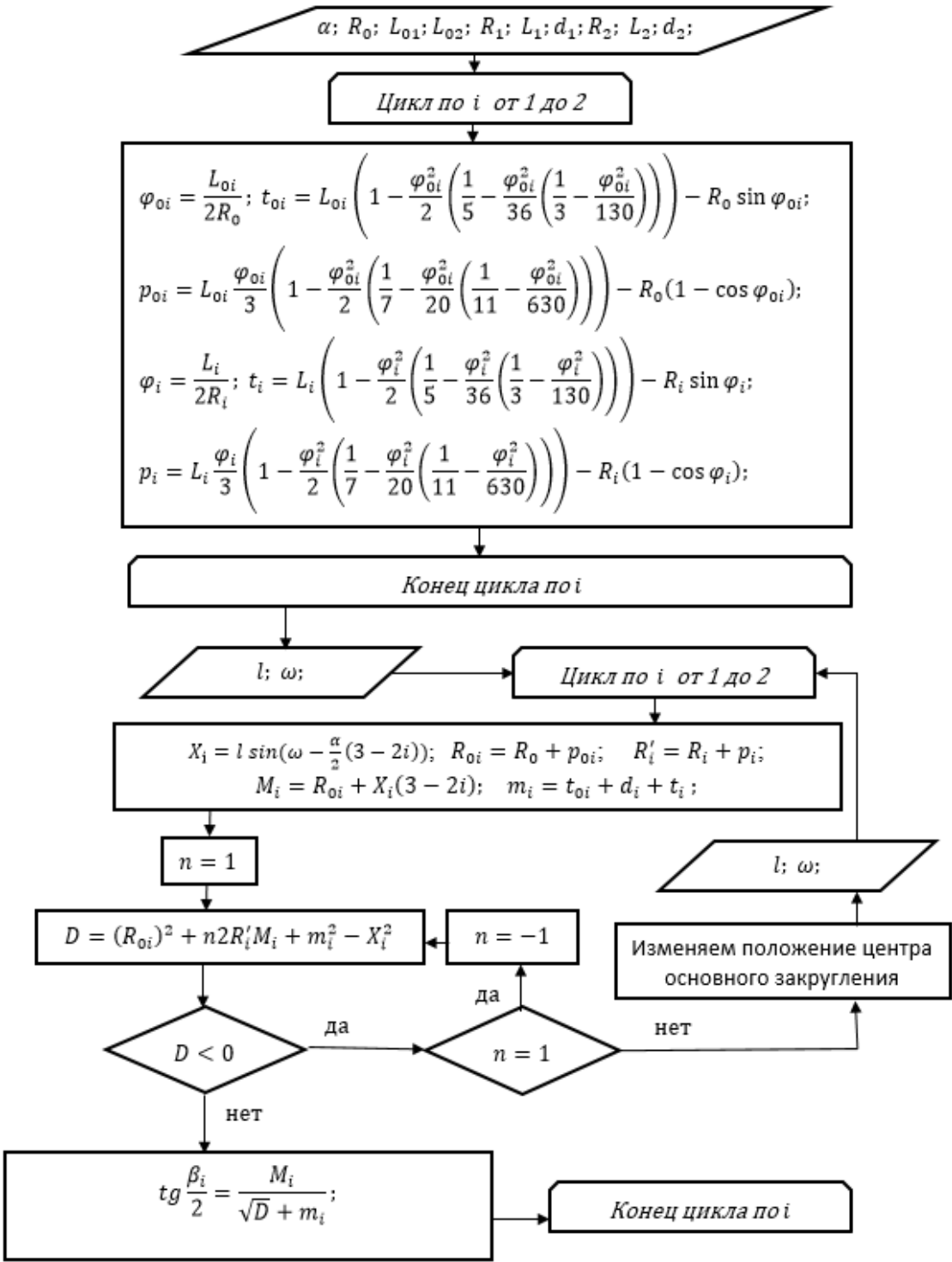


Рис. 5 – Блок-схема алгоритма вычисления углов поворота серпантина с симметричными вспомогательными закруглениями

Пример расчета серпантинны

Серпантина несимметричная второго рода с симметричными вспомогательными закруглениями.

Исходные данные:

Система координат прямоугольная, ось ординат направлена по биссектрисе острого угла серпантины, начало координат в точке пересечения ветвей серпантины. Для задания положения центра основного закругления используем полярную систему координат: $\omega=45^\circ$; $l=250$ м.

Основное закругление: $R_0=80$ м; $L_{01}=45$ м; $L_{02}=60$ м;

Первое вспомогательное закругление: $R_I=250$ м; $L_I=80$ м; $d_I=20$ м;

Второе вспомогательное закругление: $R_2=900$ м; $L_2=120$ м; $d_2=80$ м;

Результат расчета:

Вычислим параметры переходных кривых основного и вспомогательных закруглений:

$$\varphi_{01} = \frac{L_{01}}{2R_0} = \frac{45}{2 \cdot 80} = 0.2813;$$

$$t_{01} = L_{01} \left(1 - \frac{\varphi_{01}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{01}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{01}^2}{130} \right) \right) \right) - R_0 \sin \varphi_{01} = 22.44 \text{ м};$$

$$p_{01} = L_{01} \frac{\varphi_{01}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{01}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{01}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{01}^2}{630} \right) \right) \right) - R_0 (1 - \cos \varphi_{01}) = 1.05 \text{ м};$$

$$\varphi_{02} = \frac{L_{02}}{2R_0} = \frac{60}{2 \cdot 80} = 0.3750;$$

$$t_{02} = L_{02} \left(1 - \frac{\varphi_{02}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{02}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{02}^2}{130} \right) \right) \right) - R_0 \sin \varphi_{02} = 29.86 \text{ м};$$

$$p_{02} = L_{02} \frac{\varphi_{02}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{02}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{02}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{02}^2}{630} \right) \right) \right) - R_0 (1 - \cos \varphi_{02}) = 1.87 \text{ м};$$

$$\varphi_1 = \frac{L_1}{2R_1} = \frac{80}{2 \cdot 250} = 0.16;$$

$$t_1 = L_1 \left(1 - \frac{\varphi_1^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_1^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_1^2}{130} \right) \right) \right) - R_1 \sin \varphi_1 = 39.97 \text{ м};$$

$$p_1 = L_1 \frac{\varphi_1}{3} \left(1 - \frac{\varphi_1^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_1^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_1^2}{630} \right) \right) \right) - R_1 (1 - \cos \varphi_1) = 1.07 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = \frac{L_2}{2R_2} = \frac{120}{2 \cdot 900} = 0.0667;$$

$$t_2 = L_2 \left(1 - \frac{\varphi_2^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_2^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_2^2}{130} \right) \right) \right) - R_2 \sin \varphi_2 = 59.99 \text{ м};$$

$$p_2 = L_2 \frac{\varphi_2}{3} \left(1 - \frac{\varphi_2^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_2^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_2^2}{630} \right) \right) \right) - R_2 (1 - \cos \varphi_2) = 0.67 \text{ м};$$

Расчет угла поворота первого вспомогательного закругления ($i = 1$):

$$X_1 = l \sin \left(\omega - \frac{\alpha}{2} (3 - 2 \cdot i) \right) = 250 \sin \left(45^\circ - \frac{20^\circ}{2} \right) = 143.39 \text{ м};$$

$$R_{01} = R_0 + p_{01} = 80 + 1.05 = 81.05 \text{ м};$$

$$R_1' = R_1 + p_1 = 250 + 1.07 = 251.07 \text{ м};$$

$$M_1 = R_{01} + X_2 (3 - 2i) = 81.05 + 143.39 = 224.44 \text{ м};$$

$$m_1 = t_{01} + d_1 + t_1 = 22.44 + 60 + 39.97 = 82.41 \text{ м};$$

$$n = 1; D = (R_{01})^2 + n 2 R_1' M_1 + m_1^2 - X_1^2 = 81.05^2 + 1 \times 2 \times 251.07 \times 224.44 + 82.41^2 - 143.39^2 = 105499.7 \text{ м}^2;$$

Так как $D > 0$, определим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{M_1}{\sqrt{D + m_1}} = \frac{224.44}{\sqrt{105499.7 + 82.41}} = 0.551174;$$

$$\beta_1 = \operatorname{arctg}(0.55117444) \times 2 = 1.007489 \text{ рад} = 57,72486^\circ;$$

Расчет угла поворота второго вспомогательного закругления ($i = 2$):

$$X_2 = l \sin \left(\omega - \frac{\alpha}{2} (3 - 2 \cdot 2) \right) = 250 \sin \left(45^\circ + \frac{20^\circ}{2} \right) = 204.79 \text{ м};$$

$$R_{02} = R_0 + p_{02} = 80 + 1.87 = 81.87 \text{ м};$$

$$R_2' = R_2 + p_2 = 900 + 0.67 = 900.67 \text{ м};$$

$$M_2 = R_{02} + X_2 (3 - 2i) = 81.87 - 204.79 = -122.92 \text{ м};$$

$$m_2 = t_{02} + d_2 + t_2 = 29.86 + 80 + 59.99 = 169.85 \text{ м};$$

$$n = 1; D = (R_{02})^2 + n 2 R_2' M_2 + m_2^2 - X_2^2 = 81.87^2 - 1 \times 2 \times 900.67 \times 122.94 + 169.85^2 - 204.79^2 = -227810.97 \text{ м}^2;$$

Так как $D < 0$, изменим значение $n = -1$ и определим D заново:

$$D = (R_{02})^2 + n 2 R_2' M_2 + m_2^2 - X_2^2 = 81.87^2 + 1 \times 2 \times 900.67 \times 122.94 + 169.85^2 - 204.79^2 = 215037.41 \text{ м}^2;$$

Так как $D > 0$, определим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{M_2}{\sqrt{D + m_2}} = \frac{-122.92}{\sqrt{215037.41 + 169.85}} = -0.1940148;$$

$$\beta_2 = \operatorname{arctg}(-0.1940148) \times 2 = -0.383268 \text{ рад} = -21,959637^\circ;$$

Угол β_2 отрицательный, что является свидетельством серпантины второго рода. По результатам расчета построен план серпантинного участка трассы (рис.6).

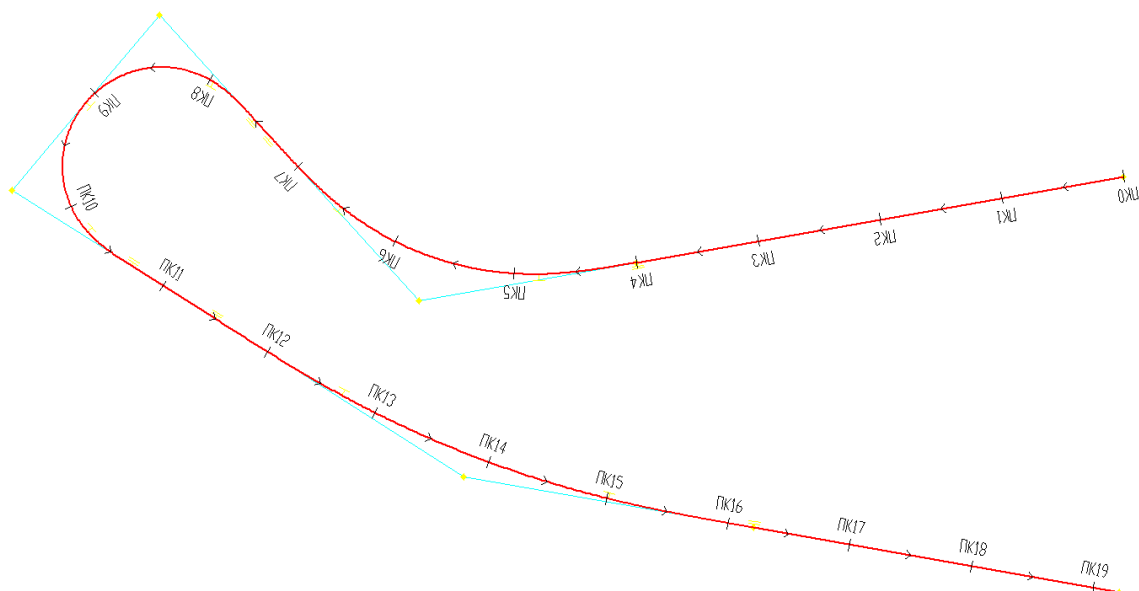


Рис. 6 – План серпантины II рода

Заключение

В результате проведенных исследований усовершенствован метод расчета серпантин, предложенный профессором Дубелиром Г.Д., разработан единый алгоритм выполнения расчетов серпантин любого вида и рода. Результат расчета серпантин апробирован на примере серпантины II рода.

Область применения предлагаемого метода расчета ограничивается следующими условиями:

1. Вспомогательные закругления обязательно должны быть симметричными, иметь одинаковые длины клотоид в начале и в конце закругления;

2. При выполнении расчетов может потребоваться изменение положение центра основного закругления, для получения согласованных результатов расчета.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Справочник инженера дорожника для инженеров и техников дорожного дела. Изыскания и проектирование автогужевых дорог / Под ред. А.И.Анохина. – Ленинград : Государственное транспортное издательство, 1935. – 686 с.
2. Основы проектирования автомобильных дорог / Под ред. Г.Д.Дубелира. – Ленинград : Издательство Наркомхоза РСФСР, 1938. – 228 с.
3. Руководство по расчету и разбивке серпантин / Дор. н.-и. ин-т «ДорНИИ». – Москва : Гупосдор, 1939. – 128 с.
4. Митин Н.А. Серпантины. Метод расчета и разбивки. Таблицы / Н.А. Митин – Москва : Транспорт, 1980. – 213 с.
5. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог / Под ред. О.В. Андреева. – Москва : Транспорт, 1977. – 559 с.
6. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: в 2-х ч. Ч.2 : учебник для вузов / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – Москва : Транспорт, 1987. – 415 с.
7. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.2: учебник / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов. – Москва : Высш.шк., 2010. – 519 с.
8. Соколов М.Л. Изыскания и проектирование автомобильных дорог в горной местности / М.Л. Соколов, С.А. Трескинский – Москва : Научно-техническое издательство министерства автомот.транспорта и шоссейных дорог РСФСР, 1961. – 256 с.
9. Жуков В.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: учеб.пособие / В.И.Жуков, Т.В.Гавриленко. – Красноярск : Сиб.федер.ун-т, 2019. – 122 с.
10. Лопашук В.В. Единый метод расчета и проектирования серпантин / В.В. Лопашук, А.В. Лопашук, С.В. Лопашук // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 5.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Spravochnik inzhenera dorozhnika dlja inzhenerov i tehnikov dorozhnogo dela. Izyskanija i proektirovanie avtoguzhevyh dorog. [Handbook of a road engineer for road engineers and technicians. Surveys and design of automobile roads.] / ed. By A.I.Anohin. – Leningrad : State Transport Publishing House, 1935. – 686 p. [in Russian]
2. Osnovy proektirovanija avtomobil'nyh dorog. [Fundamentals of road design] / ed. By G.D.Dubelir. – Leningrad : Publishing House of the People's Commissariat of the RSFSR, 1938. – 228 p. [in Russian]
3. Rukovodstvo po raschetu i razbivke serpantin [Guide to the calculation and breakdown of serpentine] / DorNII Road Research Institute. – Moscow : Gushosdor, 1939. – 128 p. [in Russian]
4. Mitin N.A. Serpantiny. Metod rascheta i razbivki. Tablicy. [Streamers. Method of calculation and breakdown. Tables] / N.A. Mitin – Moscow : Transport, 1980. – 213 p. [in Russian]
5. Spravochnik inzhenera-dorozhnika. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog. [Handbook of a road engineer. Surveys and design of highways.] / ed. by O.V.Andreev. – Moscow : Transport, 1977. – 559 p. [in Russian]
6. Babkov V.F. Proektirovanie avtomobil'nyh dorog [Road design:] / V.F. Babkov, O.V. Andreev. – Moscow : Transport, 1987. – 415 p. [in Russian]
7. Fedotov G.A. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog. [Surveys and design of highways] /G.A. Fedotov, P.I. Pospelov. – Moscow : Vyssh.shk., 2010. – 519 p. [in Russian]
8. Sokolov M.L. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog v gornoj mestnosti. [Surveys and design of highways in mountainous areas] / M.L. Sokolov, S.A. Treskinskij – Moscow : Scientific and Technical Publishing House of the Ministry of Motor Transport.transport and highways of the RSFSR, 1961. – 256 p. [in Russian]
9. Zhukov V.I. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog v slozhnyh uslovijah: [Surveys and design of highways in difficult conditions:] / V.I.Zhukov, T.V.Gavrilenko. – Krasnojarsk : Siberian Federal University, 2019. – 122 p. [in Russian]
10. Lopashuk V.V. Edinyj metod rascheta i proektirovanija serpantin [Unified method of calculation and design of serpentine] / V.V. Lopashuk, A.V. Lopashuk, S.V. Lopashuk // Vestnik Evrazijskoj nauki, 2020. – № 5. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.009>**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕРПАНТИН**

Научная статья

Лопашук В.В.^{1,*}, Лопашук А.В.², Лопашук С.В.³¹ ORCID: 0000-0003-2005-6055;² ORCID: 0000-0002-7823-3889;³ ORCID: 0000-0002-5732-6242;^{1,2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия;³ ООО «Прогресс-ДВ», Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (VLopashuk[at]27pro.ru)

Аннотация

В современных системах автоматизированного проектирования автомобильных дорог отсутствует возможность проектирования классических серпантин. Процесс проектирования сводится к конструированию комбинаций сложных закруглений, по форме напоминающих серпантину. В настоящей статье использован единый метод расчета и проектирования серпантин, предложенный авторами и разработан алгоритм автоматизации проектирования любых серпантин. В качестве исходных данных используют координаты вершин углов поворота трассы, центра основного закругления и параметры серпантин (радиусы круговых кривых, длины клотоид и прямых вставок). Смещая центр основного закругления серпантин, разработанный авторами алгоритм расчета, позволяет менять не только форму серпантин (вытянутая, нормальная или сжатая), но и вид (I рода, полусерпантин, II рода). В частном случае серпантин может превратиться в обычную, вписанную круговую кривую. В статье приведен пример расчета серпантин. Внедрение в САПР АД предлагаемого метода расчета и алгоритма его реализации существенно упростит проектирование серпантин на автомобильных дорогах, повысит качество принимаемых проектных решений.

Ключевые слова: серпантин, клотоид, закругление, радиус, координаты, полигональное трассирование.

SERPENTINE DESIGN AUTOMATION

Research article

Lopashuk V.V.^{1,*}, Lopashuk A.V.², Lopashuk S.V.³¹ ORCID: 0000-0003-2005-6055;² ORCID: 0000-0002-7823-3889;³ ORCID: 0000-0002-5732-6242;^{1,2} Pacific National University, Khabarovsk, Russia;³ Progress-DV" LLC, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (VLopashuk[at]27pro.ru)

Abstract

In modern systems of computer-aided design of highways, there is no possibility of designing classical serpentin. The design process comes down to the construction of combinations of complex turns that resemble a serpentin in shape. This article uses a unified method for calculating and designing serpentin, proposed by the authors; and an algorithm for automating the design of any serpentin has been developed. The coordinates of the vertices of the road rotation angles, the center of the main turn and the parameters of the serpentin (radii of circular curves, lengths of clothoids and straight inserts) are used as initial data. By shifting the center of the main turn of the serpentin, the calculation algorithm developed by the authors allows changing not only the shape of the serpentin (elongated, normal or compressed), but also the type (I genus, half-serpentine, II genus). In a particular case, the serpentin can turn into an ordinary, inscribed circular curve. The article provides an example of calculating the serpentin. The introduction of the proposed calculation method and the algorithm of its implementation into CAD AD will significantly simplify the design of serpentin on highways, improve the quality of design decisions.

Keywords: serpentin, clothoid, curving, radius, coordinates, polygonal tracing.

Введение

При проектировании дорог в горных условиях, уменьшая продольный уклон, проектировщик вынужден удлинять трассу, прокладывая ее под углом к горизонталям, устраивать большие углы поворота трассы, а вершины этих углов описывать сложными закруглениями – серпантинами, состоящими в общем виде из шести клотоид трех круговых и двух прямых вставок.

Расчетами серпантин занимались многие отечественные ученые. Небольшую известность получила книга Н.А. Митина [1], выдержавшая два издания. В своих исследованиях Н.А. Митин впервые сформулировал понятие общего метода расчета серпантин, однако при этом рассматривал различные расчетные схемы: серпантин I и II рода; полусерпантин; вытянутые; сжатые; с левым и правым положением центра основного закругления. Каждая схема серпантин сопровождалась своими зависимостями и формулами, что исключает их универсальность. Основным недостатком метода Н.А. Митина заключается в отсутствии окончательного решения при расчете величин углов вспомогательных закруглений сложных серпантин. Предложенные им уравнения являются нелинейными, а их решение – примерным.

Точный расчёт серпантин описан профессором Г.Д. Дубелиром [2]. Им рассмотрен расчет серпантин I рода. Недостаток метода Г.Д. Дубелира заключался в сложности расчетной схемы, наличии нескольких систем координат и как следствие, в универсальности расчета. Кроме этого вспомогательные закругления должны быть круговыми кривыми, что значительно сужает область использования этого метода.

Широкое применение получил метод П.И. Седельникова [3], в своей работе он описал точный метод расчета простой серпантины, когда центр основного закругления находится в вершине угла поворота трассы, а вспомогательные закругления симметричные. При смещении центра основного закругления с вершины угла, расчет значительно усложняется, расчетные зависимости вырождаются в нелинейные уравнения, но автор продолжал неправомерно использовать уравнения, полученные для простых серпантин.

Метод П.И. Седельникова описан во многих публикациях и учебниках [4], [5], [6] в которых либо детально не рассматривали расчет сложных серпантин, либо предлагали алгоритмы последующей корректировки исходных данных, для получения согласованных решений, используя полученные результаты расчета [7].

Анализируя существующую практику расчета и проектирования серпантины как единого сложного закругления можно констатировать, что точные решения известны только для частного случая, когда центр основного закругления расположен в вершине угла поворота, а вспомогательные закругления симметричные. Расчет серпантины профессора Г.Д. Дубелира хотя и точный, но имеет ограничения по типам вспомогательных закруглений и сложен в применении. Во всех остальных случаях решения либо приближенные, либо требуют корректировки исходных данных.

Авторами настоящей статьи предложена общая расчетная схемы серпантины и получены нелинейные (трансцендентные) уравнения нахождения углов поворота вспомогательных закруглений. Используя методы тригонометрии решены нелинейные уравнения и разработан алгоритм расчета серпантин любого вида и рода [8]. Полученное решение нельзя признать универсальным: в расчетной схеме используют локальную систему координат; положение основной кривой должно быть справа; положение центра основного закругления указывают в радиальной системе координат. Указанные требования не позволяют без доработки, использовать предложенный метод расчета в САПР АД.

Особо отметим, что при проектировании серпантин следует стремиться не только к выполнению корректных расчетов, но и к повышению качества серпантины и достижению минимальных объемов строительных работ при определенных качествах. Качество серпантины определяется скоростью, с которой расчетный автомобиль будет безопасно проходить по ней. Указанные требования, предъявляемые к серпантинам, могут быть достигнуты только при многовариантном проектировании с применением САПР АД, визуализации и анализе проектных решений.

В современных программных продуктах по автоматизированному проектированию автомобильных дорог нет процедуры проектирования серпантины. Кроме этого многие исследователи вообще не рассматривают серпантину как единое сложное закругление, подчиняющиеся взаимосвязанным законам конфигурирования, когда изменение какого-либо параметра серпантины может привести к изменению всех её элементов. Проектировщик вынужден «собирать» серпантину из отдельных, не связанных между собой, закруглений. Такой подход к проектированию серпантинных трасс является сложным и не позволяет качественно оптимизировать проектные решения.

Цель и задачи исследования

Исходя из изложенного, целью настоящего исследования является: обеспечение качества проектирования серпантин с применением современных САПР АД.

Задачами исследования являются:

1. Усовершенствование общего метода расчета серпантин, обеспечивающего возможность применения его в современных программных продуктах.
2. Разработка алгоритмов автоматизации расчета и проектирования серпантин.
3. Визуализация проектирования серпантин в САПР АД.

Основные результаты

Современные технологии автоматизированного проектирования предполагают использование цифровых моделей местности (ЦММ) [5], [9], [10]. Цифровая модель автомобильной дороги при полигональном трассировании представляет собой массив координат вершин углов поворота трассы (рис.1) и массив параметров закруглений. Массив координат: x_i, y_i , где $i=0...n$; точка $i=0$ – начало трассы (НТ); точка $i=n$ – конец трассы (КТ); точки $i=(1...n-1)$ углы поворота.

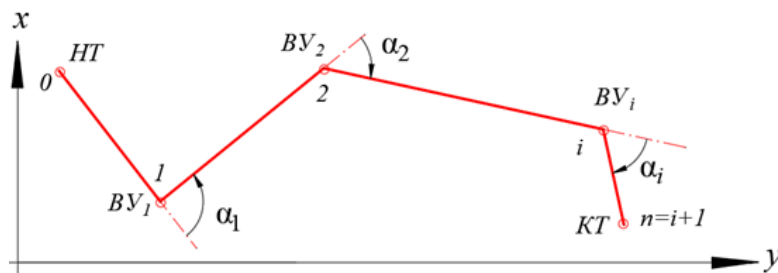


Рис. 1 – Ломаный магистральный ход

Структура массива параметров закруглений зависит от вида закругления, которые могут быть вписываемые во внутренние углы (рис.2) и описывающие внешние углы (рис.3). Последние закругления называют серпантинами.

Параметрами вписываемого закругления общего вида (рис. 2) являются: R – радиус круговой кривой; L_1, L_2 – длина переходных кривых (клотоид) в начале и в конце закругления.

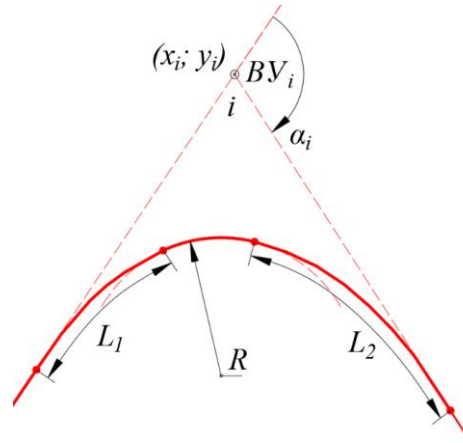


Рис. 2 – Параметры закругления, вписанного во внутренний угол

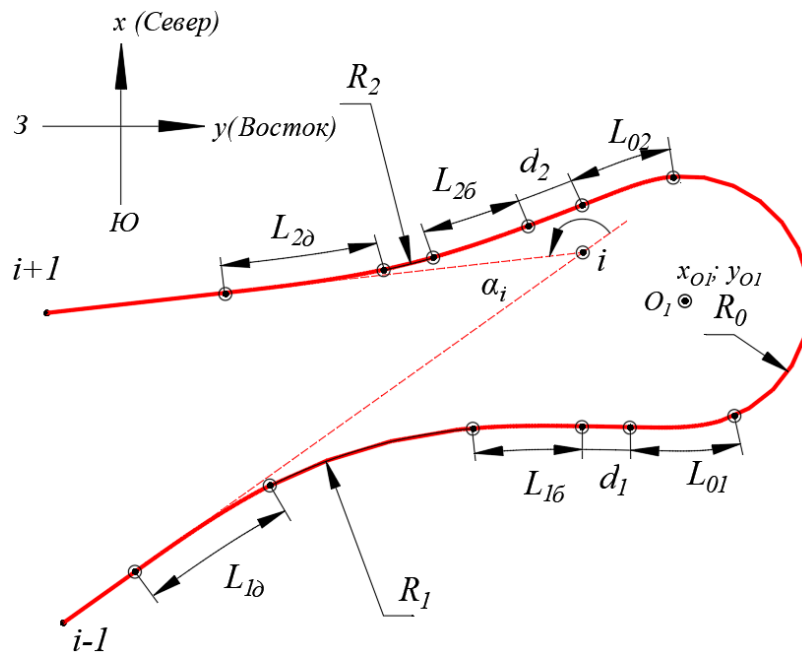


Рис. 3 – Параметры серпантины

Описываемое закругление, серпантина общего вида, (рис.3) состоит из основной кривой, двух вспомогательных закруглений и двух прямых вставок между ними. Поэтому параметрами серпантины являются: R_0 – радиус круговой кривой основного закругления; L_{01} , L_{02} – длины переходных кривых в начале и в конце основного закругления; R_1 , R_2 – радиусы вспомогательных закруглений; L_{1d} , L_{2d} – длины переходных кривых вспомогательных закруглений, расположенных дальше (d) от основного; L_{1b} , L_{2b} – длины переходных кривых вспомогательных закруглений, расположенных ближе (b) к основному; d_1 , d_2 – длины прямых вставок; x_{01} , y_{01} – координаты центра основного закругления.

При известных координатах магистрального хода и параметрах закруглений рассчитывают элементы плана трассы и составляют ведомость углов поворота [11]. Для этого вычисляют дирекционные углы направлений, угол поворота трассы и его направление.

Алгоритмизация проектирования серпантин

Дирекционные углы направлений вычисляют по приращениям координат между вершинами ломаного магистрального хода:

$$\Delta x_{i+1,i} = x_{i+1} - x_i; \Delta y_{i+1,i} = y_{i+1} - y_i$$

Для дальнейших рассуждений, упростим обозначение приращений координат, убрав указание на номера точек магистрального хода (рис.4).

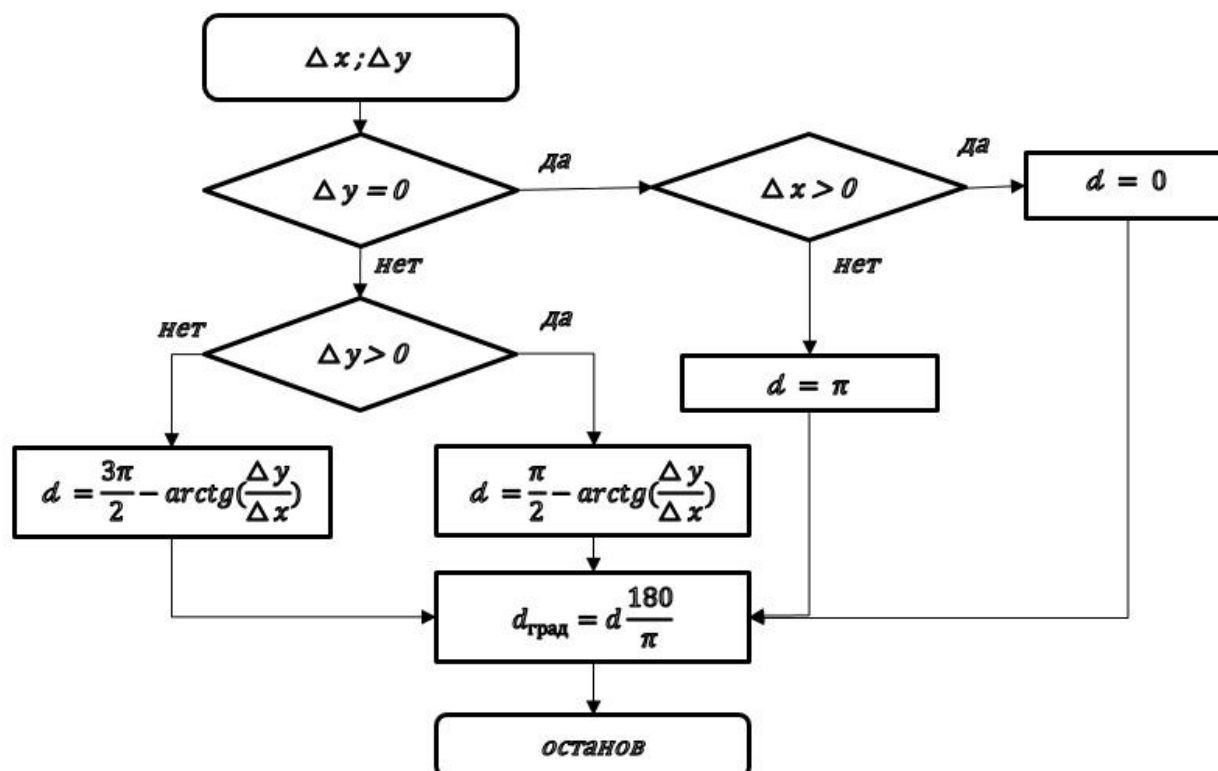


Рис. 4 – Алгоритм вычисления дирекционных углов направлений

Угол поворота трассы (α_i) – это угол между продолжением предыдущего направления прямолинейного участка трассы и последующим её направлением. Углы поворота разделяются на левые и правые. Такое разделение, с одной стороны наглядное, а с другой – позволяет учитывать знак угла в последующих расчетах. Направление поворота трассы обозначим через (n) которое принимает значение (-1) при повороте трассы на лево и ($+1$) при повороте трассы направо. Углы поворота вычисляют через дирекционные углы (рис.5).

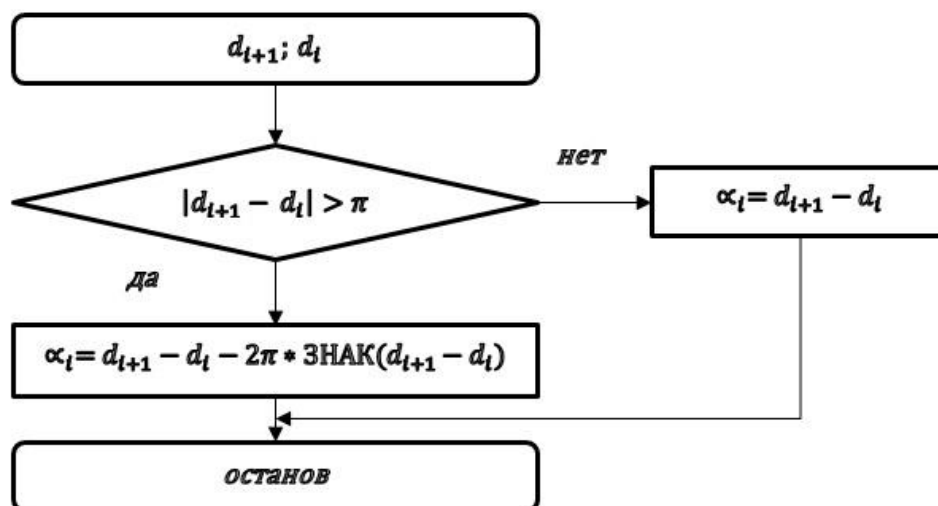


Рис. 5 – Алгоритм вычисления угла поворота трассы

Визуальное проектирование вписываемых закруглений и серпантин с применением специальных программ может существенно отличаться.

Вписываемые закругления, при заданном положении магистрального хода (рис.6), проектируют в следующей последовательности:

- назначают параметры закругления (R, L_1, L_2);
- проверяют условие размещения клотоид в пределах закругления [6]:

$$|\alpha_i| \geq \frac{L_1}{2R} + \frac{L_2}{2R};$$

- визуально оценивают качество проектных решений и при необходимости меняют параметры или положение вершины угла.

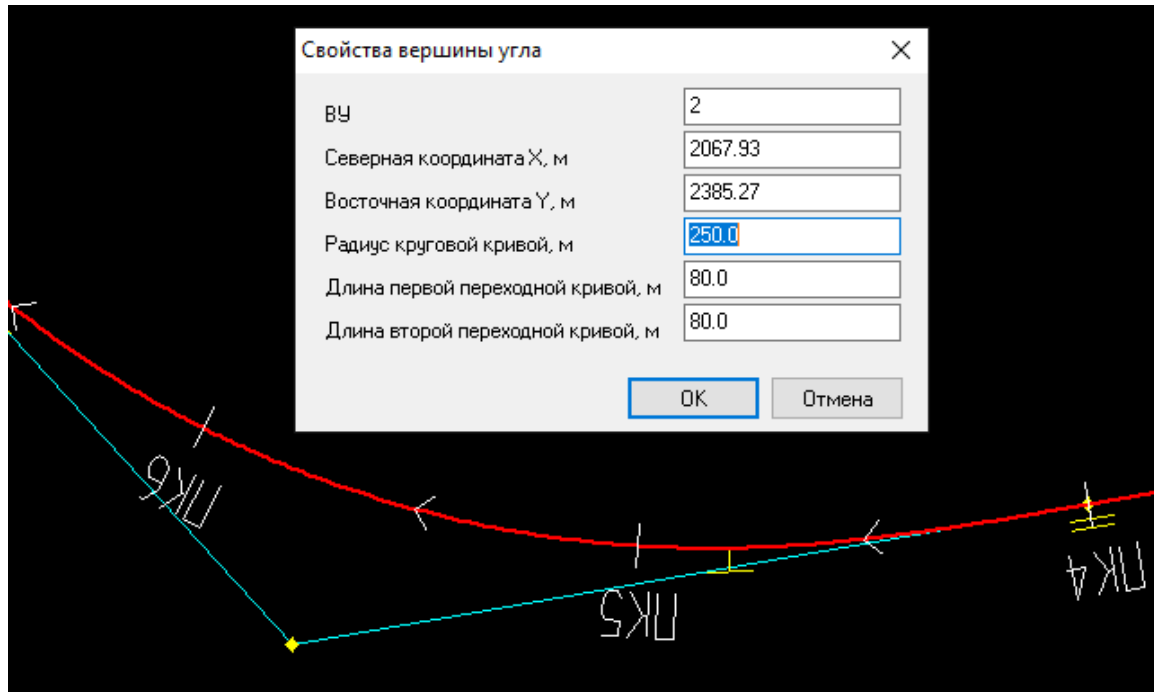


Рис. 6 – Вписываемое закругление в программном продукте «Топоматик Robur»

Порядок проектирования серпантин при проложенном магистральном ходе предлагается следующий:

- выбирают вид закругления – «серпантина», при этом центр основного закругления (x_{o1} ; y_{o1}) принимают в вершине угла поворота;
- назначают параметры серпантины (R_0 ; L_{01} ; L_{02} ; R_1 ; R_2 ; L_{10} ; L_{20} ; L_{16} ; L_{26} ; d_1 ; d_2), выполняют расчет и построение начальной конфигурации серпантины (рис.7);

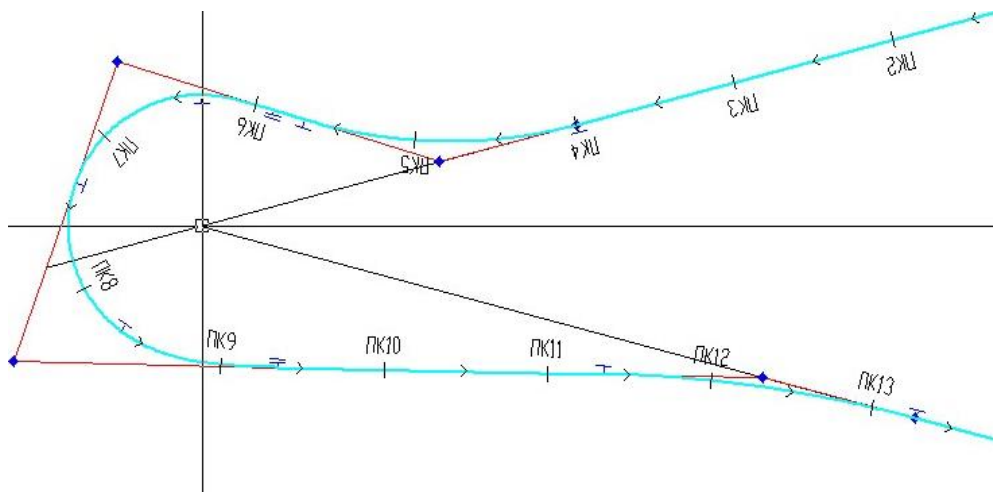


Рис. 7 – Начальная конфигурация серпантины

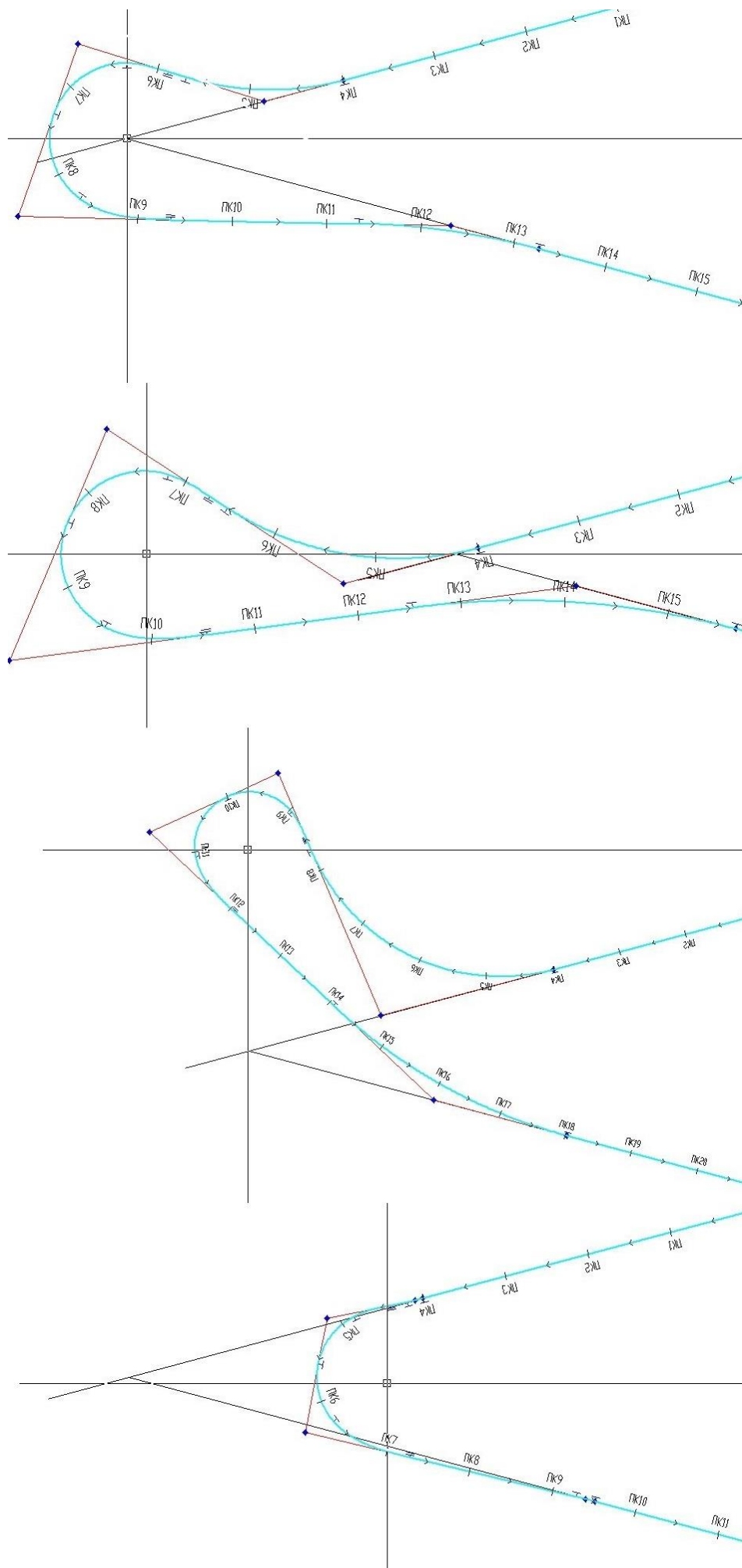


Рис. 8 – Смещение центра основного закругления и визуализация серпантин

- перемещают центр основного закругления с одновременной визуализацией, при необходимости корректируют параметры серпантины, добиваясь наилучшего расположения её на участке проектирования (рис.8);
- «расчленяют» серпантину (при необходимости) на четыре вписанных, стандартных закругления;
- корректируют (при необходимости) параметры расчлененных закруглений.

Для расчета серпантины, используя единый метод расчета [8], требуется знать общие параметры серпантины:

- острый угол серпантины (α);
- направление поворота трассы на серпантине (n);
- положение центра основного закругления в радиальной системе координат (ω и l): угол (ω) отсчитываем против часовой стрелки начиная от биссектрисы острого угла серпантины (α) на центр основного закругления O_l ; расстояние (l) измеряем от центра основного закругления до пересечения ветвей серпантины.

Общие параметры серпантины зависят от конфигурации трассы автомобильной дороги на участке проектирования, их вычисляют по известным координатам следующих точек трассы:

BV_{i-1} – вершина $i-1$ угла поворота трассы;

BV_i – вершина i -го угла поворота трассы – точка пересечения ветвей серпантины;

BV_{i+1} – вершина $i+1$ угла поворота трассы;

O_l – центр основного закругления.

Расчет серпантины по единому методу, с использованием, в качестве исходных данных, координаты точек трассы, будем выполнять в следующей последовательности:

1. Расчет дирекционных углов направлений трассы, проходящих через вершину угла поворота: (d_i, d_{i+1}, d_b);
2. Нахождение угла поворота трассы (α_i) и его направления (n);
3. Вычисление острого угла серпантины (α) и положение центра основного закругления в радиальной системе координат (ω и l);
4. Вычисление параметров переходных кривых основного и вспомогательных закруглений;
5. Вычисление углов поворота вспомогательных закруглений;
6. Проверка возможности размещения переходных кривых на вспомогательных закруглениях;
7. Расчет угловых параметров серпантины;
8. Расчет тангенсов круговых кривых основного и вспомогательных закруглений;
9. Расчет круговых вставок основного и вспомогательных закруглений;
10. Вычисление координат углов поворота трассы на серпантине в локальной системе координат $xу$;
11. Вычисление координат углов поворота трассы на серпантине в системе координат проекта $XУ$.

Пример расчета серпантины

Основные расчетные зависимости, алгоритмы и последовательность расчета серпантин любого вида и рода рассмотрим на примере (рис.9).

Исходные координаты магистрального хода и центра основного закругления представлены в таб.1, параметры серпантины в таб.2

Таблица 1 – Координаты точек плана трассы на участке проектирования

Точка	Координаты с системе координат проекта			
	X (север)		Y (восток)	
	Обозначение	Величина, м	Обозначение	Величина, м
BV_{i-1}	X_{i-1}	8 533,62	Y_{i-1}	18 848,81
BV_i	X_i	8 935,00	Y_i	18 771,38
BV_{i+1}	X_{i+1}	8 669,92	Y_{i+1}	18 993,36
O_l	X_{Ol}	8 957,45	Y_{Ol}	18 702,76

Последовательность расчета:

1. Вычисляем дирекционные углы направлений используя блок-схему алгоритма (рис.4):

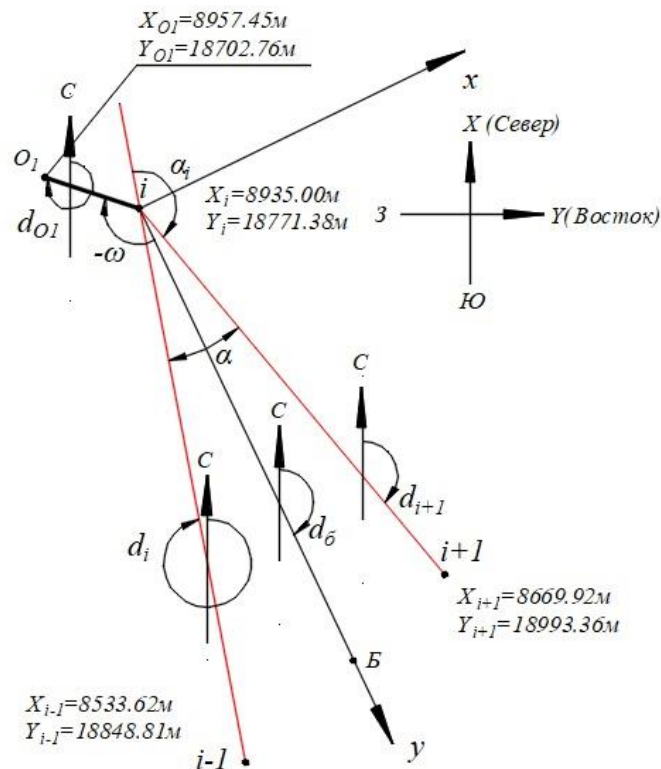


Рис. 9 – Исходные координаты трассы

Направление: *Начало участка – пересечение ветвей серпантин:*

$$\Delta x = X_i - X_{i-1} = 401.38 \text{ м}$$

$$\Delta y = Y_i - Y_{i-1} = -77.43 \text{ м}$$

$$\Delta_i = \frac{3\pi}{2} - \arctg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = 6.092617 \text{ рад.}$$

Направление: *Пересечение ветвей серпантин – конец участка:*

$$\Delta x = X_{i+1} - X_i = -265.08 \text{ м}$$

$$\Delta y = Y_{i+1} - Y_i = 221.98 \text{ м}$$

$$\Delta_{i+1} = \frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = 2.444455 \text{ рад.}$$

Направление: *Пересечение ветвей серпантин – центр основного закругления:*

$$\Delta x = X_{O1} - X_i = 22.45 \text{ м}$$

$$\Delta y = Y_{O1} - Y_i = -68.62 \text{ м}$$

$$\Delta_{O1} = \frac{3\pi}{2} - \arctg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = 5.028577 \text{ рад.}$$

Таблица 2 – Исходные параметры серпантин

№ пп	Параметр	Обозначение	Единица измерения	Величина
1	Радиус основного закругления	R_0	м	80
2	Длина переходной кривой в начале основного закругления	L_{01}	м	50
3	Длина переходной кривой в конце основного закругления	L_{02}	м	45

Окончание таблицы 2 – Исходные параметры серпантины

№ пп	Параметр	Обозначение	Единица измерения	Величина
4	Радиус круговой кривой первого вспомогательного закругления	R_1	м	350
5	Длина переходной кривой в начале первого вспомогательного закругления	L_{10}	м	100
6	Длина переходной кривой в конце первого вспомогательного закругления	L_{06}	м	90
7	Прямая вставка между первым вспомогательным закруглением и основным закруглением	d_1	м	30
8	Радиус круговой кривой первого вспомогательного закругления	R_2	м	500
9	Длина переходной кривой в начале первого вспомогательного закругления	L_{26}	м	120
10	Длина переходной кривой в конце первого вспомогательного закругления	L_{20}	м	110
11	Прямая вставка между вторым вспомогательным закруглением и основным закруглением	d_2	м	10

Направление: *Пересечение ветвей серпантины – биссектриса острого угла серпантины:*

Вначале найдем координаты точки Б (рис.9), расположенной на биссектрисе, для этого вычислим:

Расстояние между точками ($i \dots i-1$):

$$S_i = \sqrt{(X_i - X_{i-1})^2 + (Y_i - Y_{i-1})^2} = 408.78 \text{ м.}$$

Расстояние между точками ($i, \dots i+1$):

$$S_{i+1} = \sqrt{(X_i - X_{i+1})^2 + (Y_i - Y_{i+1})^2} = 345.75 \text{ м.}$$

Тогда координаты точки определим по формулам:

$$X_B = \frac{S_i X_{i-1} + S_{i+1} X_{i+1}}{S_i + S_{i+1}} = 8607.46 \text{ м}$$

$$Y_B = \frac{S_i Y_{i-1} + S_{i+1} Y_{i+1}}{S_i + S_{i+1}} = 18927.12 \text{ м}$$

$$\Delta x = X_B - X_i = -327.54 \text{ м}$$

$$\Delta y = Y_B - Y_i = 155.74 \text{ м}$$

$$\Delta_B = \frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = 2.697739 \text{ рад.}$$

2. Вычисляем угол поворота трассы на серпантине и направление поворота используя блок-схему алгоритма (рис.5):

Так как $\Delta d_{i+1} - d_i \Delta = 2.444455 - 6.092617 \Delta = 3.648162 > \pi$ для вычисления угла поворота трассы на серпантине воспользуемся формулой:

$$\alpha_i = d_{i+1} - d_i - 2\pi * \text{ЗНАК}(d_{i+1} - d_i) = 2.6350233 \text{ рад.}$$

$$\alpha_i \text{ (град)} = 150^\circ 58' 33''.$$

Знак угла поворота трассы – положительный, трасса поворачивает на право, направление поворота трассы на серпантине $n = 1$.

3. Вычисляем острый угол серпантины и положение центра основного закругления:

Острый угол серпантины определим через угол поворота трассы на серпантине:

$$\alpha = \pi - |\alpha_i|$$

где $|\alpha_i|$ – абсолютное значение угла поворота трассы на вершине BV_i .

Острый угол серпантины:

$$\alpha = \pi - |2.6350233| = 0.50656940 \text{ рад.}$$

$$\alpha \text{ (град)} = 29^\circ 1' 27''.$$

Угол смещения центра основной кривой определим, используя блок-схему алгоритма для вычисления углов поворота трассы (рис.5). Так как $|d_B - d_{O1}| = |2.697739 - 5.028577| = 2.330838 < \pi$ для вычисления угла ω воспользуемся формулой:

$$\omega = d_B - d_{O1} = -2.330838 \text{ рад.}$$

$$\omega \text{ (град)} = -133^\circ 32' 50''.$$

Расстояние смещения центра основной кривой l определим по формуле:

$$l = \sqrt{(X_i - X_{O1})^2 + (Y_i - Y_{O1})^2} = 72.20 \text{ м.}$$

4. Вычисление параметров переходных кривых основного и вспомогательных закруглений:

4.1 Углы поворота трассы, относящиеся к переходным кривым, рад.:

$$\varphi_{1\delta} = \frac{L_{1\delta}}{2R_1} = 0.128571 \text{ рад.}$$

$$\varphi_{1\partial} = \frac{L_{1\partial}}{2R_1} = 0.142857 \text{ рад.}$$

$$\varphi_{2\delta} = \frac{L_{2\delta}}{2R_2} = 0.12 \text{ рад}$$

$$\varphi_{2\partial} = \frac{L_{2\partial}}{2R_2} = 0.11 \text{ рад}$$

$$\varphi_{01} = \frac{L_{01}}{2R_0} = 0.3125 \text{ рад}$$

$$\varphi_{02} = \frac{L_{02}}{2R_0} = 0.28125 \text{ рад}$$

4.2 Тангенсы переходных кривых:

$$t_{1\delta} = L_{1\delta} \left(1 - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{130} \right) \right) \right) - R_1 \sin \varphi_{1\delta} = 44.98 \text{ м}$$

$$t_{1\partial} = L_{1\partial} \left(1 - \frac{\varphi_{1\partial}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{1\partial}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{1\partial}^2}{130} \right) \right) \right) - R_1 \sin \varphi_{1\partial} = 49.97 \text{ м}$$

$$t_{2\delta} = L_{2\delta} \left(1 - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{130} \right) \right) \right) - R_2 \sin \varphi_{2\delta} = 59.97 \text{ м}$$

$$t_{2\partial} = L_{2\partial} \left(1 - \frac{\varphi_{2\partial}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{2\partial}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{2\partial}^2}{130} \right) \right) \right) - R_2 \sin \varphi_{2\partial} = 54.98 \text{ м}$$

$$t_{01} = L_{01} \left(1 - \frac{\varphi_{01}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{01}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{01}^2}{130} \right) \right) \right) - R_0 \sin \varphi_{01} = 24.92 \text{ м}$$

$$t_{02} = L_{02} \left(1 - \frac{\varphi_{02}^2}{2} \left(\frac{1}{5} - \frac{\varphi_{02}^2}{36} \left(\frac{1}{3} - \frac{\varphi_{02}^2}{130} \right) \right) \right) - R_0 \sin \varphi_{02} = 22.44 \text{ м}$$

4.3 Сдвиги круговых кривых:

$$p_{1\delta} = L_{1\delta} \frac{\varphi_{1\delta}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{630} \right) \right) \right) - R_1 (1 - \cos \varphi_{1\delta}) = 0.96 \text{ м}$$

$$p_{1\delta} = L_{1\delta} \frac{\varphi_{1\delta}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{1\delta}^2}{630} \right) \right) \right) - R_1 (1 - \cos \varphi_{1\delta}) = 1.19 \text{ м}$$

$$p_{2\delta} = L_{2\delta} \frac{\varphi_{2\delta}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{630} \right) \right) \right) - R_2 (1 - \cos \varphi_{2\delta}) = 1.20 \text{ м}$$

$$p_{2\delta} = L_{2\delta} \frac{\varphi_{2\delta}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{2\delta}^2}{630} \right) \right) \right) - R_2 (1 - \cos \varphi_{2\delta}) = 1.01 \text{ м}$$

$$p_{01} = L_{01} \frac{\varphi_{01}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{01}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{01}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{01}^2}{630} \right) \right) \right) - R_0 (1 - \cos \varphi_{01}) = 1.30 \text{ м}$$

$$p_{02} = L_{02} \frac{\varphi_{02}}{3} \left(1 - \frac{\varphi_{02}^2}{2} \left(\frac{1}{7} - \frac{\varphi_{02}^2}{20} \left(\frac{1}{11} - \frac{\varphi_{02}^2}{630} \right) \right) \right) - R_0 (1 - \cos \varphi_{02}) = 1.05 \text{ м}$$

5. Вычисление углов поворота вспомогательных закруглений, используя блок-схему алгоритма (рис. 10):

5.1 Первое вспомогательное закругление $i = 1$:

Примем $m=1$ и вычислим следующие коэффициенты:

$$A_1 = t_{01} + d_1 + t_{1\delta} = 99.90$$

$$B_1 = R_0 + p_{01} + m(R_1 + p_{1\delta}) = 432.26$$

$$D_1 = m(R_1 + p_{1\delta}) + l \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \omega[2*i - 3]n \right) = 288.06$$

Подкоренное выражение:

$$A_1^2 + B_1^2 - D_1^2 = 113847.60$$

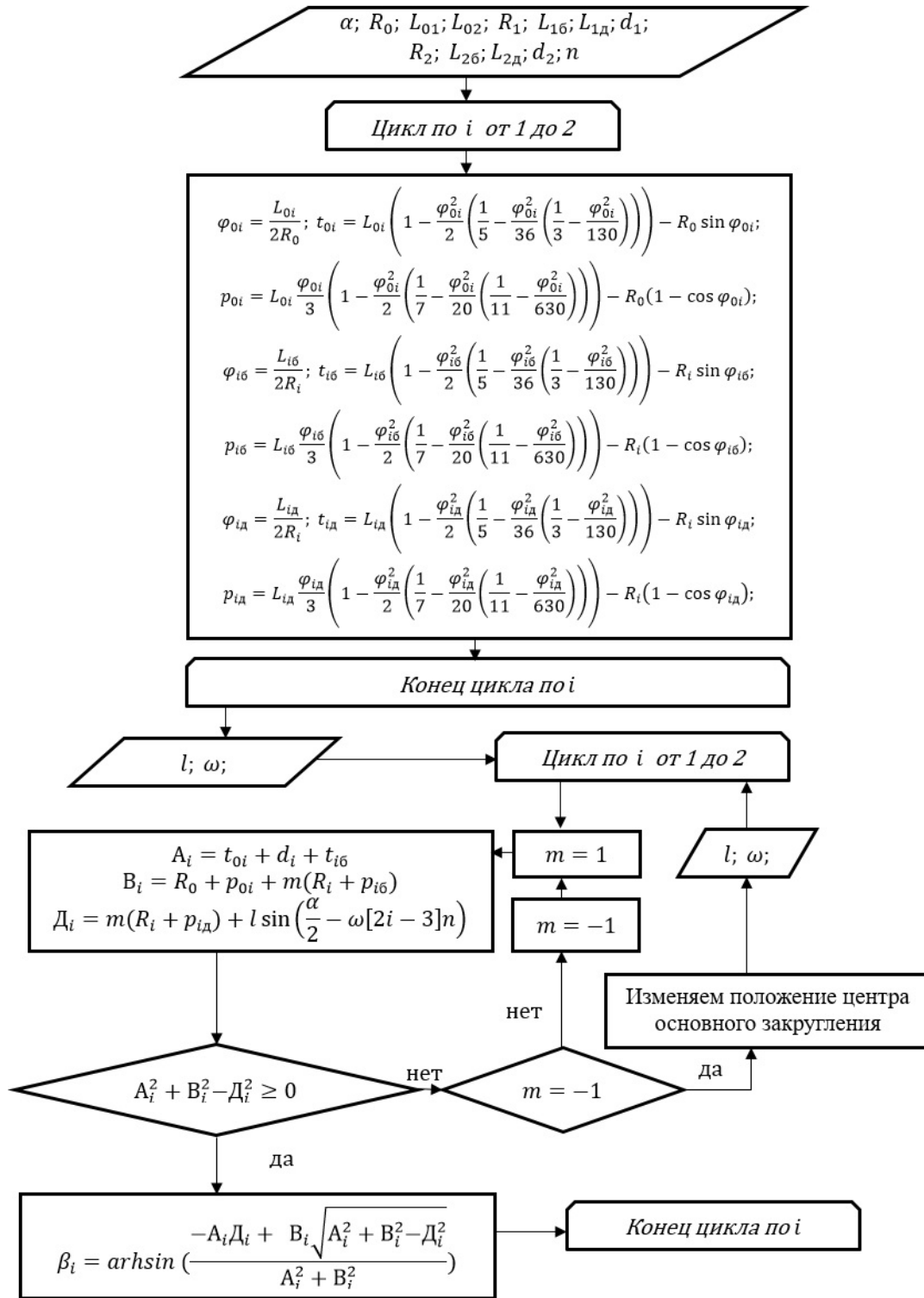


Рис. 10 – Алгоритм вычисления углов поворота вспомогательных закруглений серпантин

Так как подкоренное выражение положительное, вычислим угол поворота первого вспомогательного закругления:

$$\beta_1 = \arcsin \left(\frac{-A_1 D_1 + B_1 \sqrt{A_1^2 + B_1^2 - D_1^2}}{A_1^2 + B_1^2} \right) = 0.63702340 \text{ рад.}$$

Переведем в градусную меру: $\beta_1(\text{град}) = 36^\circ 29' 56''$.

5.2 Второе вспомогательное закругление $i = 2$:

Примем $m=1$ и вычислим следующие коэффициенты:

$$A_2 = t_{02} + d_2 + t_{26} = 92.41$$

$$B_2 = R_0 + p_{02} + m(R_2 + p_{26}) = 582.25$$

$$D_2 = m(R_2 + p_{2d}) + l \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \omega[2 * i - 3]n \right) = 539.20$$

Подкоренное выражение:

$$A_2^2 + B_2^2 - D_2^2 = 56815.16$$

Так как подкоренное выражение положительное, вычислим угол поворота второго вспомогательного закругления:

$$\beta_2 = \arcsin \left(\frac{-A_2 D_2 + B_2 \sqrt{A_2^2 + B_2^2 - D_2^2}}{A_2^2 + B_2^2} \right) = 0.25882728 \text{ рад.}$$

Переведем в градусную меру: $\beta_1(\text{град}) = 14^\circ 49' 47''$.

6. Проверим возможность размещения переходных кривых на вспомогательных закруглениях:

6.1 Первое вспомогательное закругление:

$$|\beta_1| \geq \varphi_{1\delta} + \varphi_{1\partial}$$

$$|0.63702340| \geq 0.128571 + 0.142857 = 0.271428$$

Условие размещения выполняется.

6.2 Второе вспомогательное закругление:

$$|\beta_2| \geq \varphi_{2\delta} + \varphi_{2\partial}$$

$$|0.25882728| \geq 0.12 + 0.11 = 0.23$$

Условие размещения выполняется.

7. Расчет угловых параметров серпантин:

Часть угла поворота первого вспомогательного закругления, приходящаяся на круговую вставку:

$$\beta_{10} = |\beta_1| - \varphi_{1\delta} - \varphi_{1\partial} = 0.365595 \text{ рад.}$$

Часть угла поворота второго вспомогательного закругления, приходящаяся на круговую вставку:

$$\beta_{20} = |\beta_2| - \varphi_{2\delta} - \varphi_{2\partial} = 0.02882728 \text{ рад.}$$

Угол поворота трассы на серпантине:

$$\alpha_0 = \pi + \beta_1 + \beta_2 - \alpha = 3.5308739 \text{ рад.}$$

Часть угла поворота основного закругления, приходящаяся на круговую вставку:

$$\alpha'_0 = \alpha_0 - \varphi_{01} - \varphi_{02} = 2.9371239 \text{ рад.}$$

Первая половина угла поворота основного закругления:

$$\alpha'_{01} = \frac{\alpha'_0}{2} + \varphi_{01} = 1.7810620 \text{ рад.}$$

Переведем в градусную меру: $\alpha'_{01}(\text{град}) = 102^\circ 2' 50''$.

Вторая половина угла поворота основного закругления:

$$\alpha'_{02} = \frac{\alpha'_0}{2} + \varphi_{02} = 1.7488120 \text{ рад.}$$

Переведем в градусную меру: $\alpha'_{02}(\text{град}) = 100^\circ 15' 25''$.

8. Расчет тангенсов круговых кривых основного и вспомогательных закруглений:

8.1 Первое вспомогательное закругление:

$$T_{1\delta} = (R_1 + p_{1\delta}) \left| \tan \frac{\beta_1}{2} \right| + \frac{p_{1\delta} - p_{1\partial}}{|\sin \beta_1|} = 116.11 \text{ м.}$$

$$T_{1\partial} = (R_1 + p_{1\partial}) \left| \tan \frac{\beta_1}{2} \right| + \frac{p_{1\delta} - p_{1\partial}}{|\sin \beta_1|} = 115.42 \text{ м.}$$

8.2 Второе вспомогательное закругление:

$$T_{2\delta} = (R_2 + p_{2\delta}) \left| \tan \frac{\beta_2}{2} \right| + \frac{p_{2\delta} - p_{2\partial}}{|\sin \beta_2|} = 64.48 \text{ м.}$$

$$T_{20} = (R_2 + p_{20}) \left| \tan \frac{\beta_2}{2} \right| + \frac{p_{26} - p_{20}}{|\sin \beta_2|} = 68.95 \text{ м.}$$

8.3 Основное закругление:

$$T_{11} = (R_0 + p_{01}) \tan \frac{\alpha'_{01}}{2} - \frac{p_{01}}{\sin \alpha'_{01}} = 99.15 \text{ м.}$$

$$T_{12} = R_0 \tan \frac{\alpha'_{01}}{2} + \frac{p_{01}}{\sin \alpha'_{01}} = 100.20 \text{ м.}$$

$$T_{22} = R_0 \tan \frac{\alpha'_{02}}{2} + \frac{p_{02}}{\sin \alpha'_{02}} = 96.84 \text{ м.}$$

$$T_{21} = (R_0 + p_{02}) \tan \frac{\alpha'_{02}}{2} - \frac{p_{02}}{\sin \alpha'_{02}} = 95.97 \text{ м.}$$

9. Расчет круговых вставок основного и вспомогательных закруглений:

Первое вспомогательное закругление:

$$K_{01} = R_1 \beta_{10} = 127.96 \text{ м.}$$

Второе вспомогательное закругление:

$$K_{02} = R_2 \beta_{20} = 14.41 \text{ м.}$$

Основное закругление:

$$K_{00} = R_0 \alpha'_0 = 234.97 \text{ м.}$$

Ведомости углов поворота, прямых и кривых трассы автомобильных дорог формируют, как правило, используя координаты углов поворота трассы.

10. Вычислим координаты углов поворота трассы на серпантине в локальной системе координат xu (рис.9), используя в качестве исходных данных координаты точки пересечения ветвей серпантинной ($x_o=0.00$; $y_o=0.00$):

10.1. Координаты центра основного закругления O_1 :

$$x_{O_1} = x_o + l \sin \omega = -52.33 \text{ м.}$$

$$y_{O_1} = y_o + l \cos \omega = -49.74 \text{ м.}$$

10.2. Координаты вершины угла поворота первого вспомогательного закругления BV_1 :

$$x_{BV_1} = x_{o1} - n(R_0 + p_{01}) \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) + n(t_{01} + d_1 + t_{16} + T_{16}) \sin\left(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}\right) = -46.85 \text{ м.}$$

$$y_{BV_1} = y_{o1} + (R_0 + p_{01}) \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) + (t_{01} + d_1 + t_{16} + T_{16}) \cos\left(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}\right) = -180.99 \text{ м.}$$

10.3. Координаты вершины угла поворота второго вспомогательного закругления BV_2 :

$$x_{BV_2} = x_{o1} + n(R_0 + p_{02}) \cos(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}) - n(t_{02} + d_2 + t_{26} + T_{26}) \sin\left(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}\right) = 27.85 \text{ м.}$$

$$y_{BV_2} = y_{o1} + (R_0 + p_{02}) \sin(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}) + (t_{02} + d_2 + t_{26} + T_{26}) \cos\left(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}\right) = 107.60 \text{ м.}$$

10.4. Координаты вершины угла поворота первой половины основного закругления BV_{01} :

$$x_{BV_{01}} = x_{o1} - n(R_0 + p_{01}) \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) - nT_{11} \sin\left(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}\right) = -164.84 \text{ м.}$$

$$y_{BV_{01}} = y_{o1} + (R_0 + p_{01}) \sin(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) - T_{11} \cos(\beta_1 - \frac{\alpha}{2}) = -111.25 \text{ м.}$$

10.5. Координаты вершины угла поворота второй половины основного закругления BV_{02} :

$$x_{BV_{02}} = x_{o1} + n(R_0 + p_{02}) \cos(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}) - nT_{21} \sin(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}) = 29.25 \text{ м.}$$

$$y_{BV_{02}} = y_{o1} + (R_0 + p_{02}) \sin(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}) - T_{21} \cos(\beta_2 - \frac{\alpha}{2}) = -145.26 \text{ м.}$$

11. Вычислим координаты углов поворота трассы на серпантине в системе координат проекта XY , используя в качестве исходных данных координаты точки пересечения ветвей серпантин $(X_o=8935.00 \text{ м}; Y_o=18771.38 \text{ м})$, дирекционный угол биссектрисы острого угла серпантин $d_B = 2.697739 \text{ рад.}$ и координаты точек в локальной системе координат:

11.1. Координаты вершины угла поворота первого вспомогательного закругления BV_1 :

$$X_{BV_1} = X_o + x_{BV_1} \sin(d_B) + y_{BV_1} \cos(d_B) = 8751.43 \text{ м.}$$

$$Y_{BV_1} = Y_o - x_{BV_1} \cos(d_B) + y_{BV_1} \sin(d_B) = 18806.79 \text{ м.}$$

11.2. Координаты вершины угла поворота второго вспомогательного закругления BV_2 :

$$X_{BV_2} = X_o + x_{BV_2} \sin(d_B) + y_{BV_2} \cos(d_B) = 8849.79 \text{ м.}$$

$$Y_{BV_2} = Y_o - x_{BV_2} \cos(d_B) + y_{BV_2} \sin(d_B) = 18842.74 \text{ м.}$$

11.3. Координаты вершины угла поворота первой половины основного закругления BV_{01} :

$$X_{BV_{01}} = X_o + x_{BV_{01}} \sin(d_B) + y_{BV_{01}} \cos(d_B) = 8964.68 \text{ м.}$$

$$Y_{BV_{01}} = Y_o - x_{BV_{01}} \cos(d_B) + y_{BV_{01}} \sin(d_B) = 18574.74 \text{ м.}$$

11.4. Координаты вершины угла поворота второй половины основного закругления BV_{02} :

$$X_{BV_{02}} = X_o + x_{BV_{02}} \sin(d_B) + y_{BV_{02}} \cos(d_B) = 9078.74 \text{ м.}$$

$$Y_{BV_{02}} = Y_o - x_{BV_{02}} \cos(d_B) + y_{BV_{02}} \sin(d_B) = 18735.42 \text{ м.}$$

Результаты расчета серпантин приведены на рис. 11

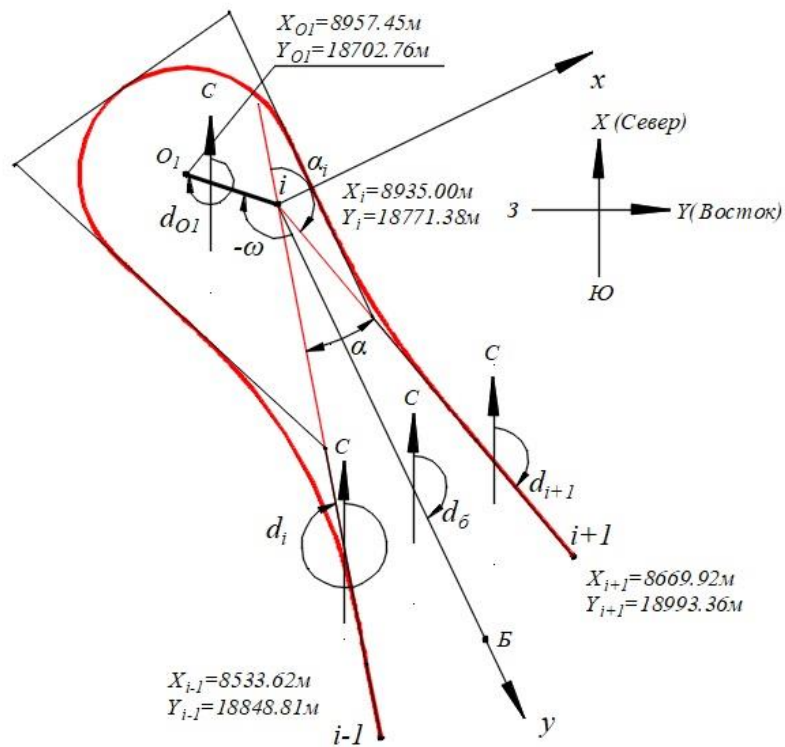


Рис. 11 – Серпантина полученная по результатам расчета с использованием координат точек трассы

Используя разработанный алгоритм запроектирован участок серпантинных трасс (рис.12). Алгоритм расчета серпантин является общим и универсальным, может быть внедрен в любой программный комплекс проектирования автомобильных дорог.

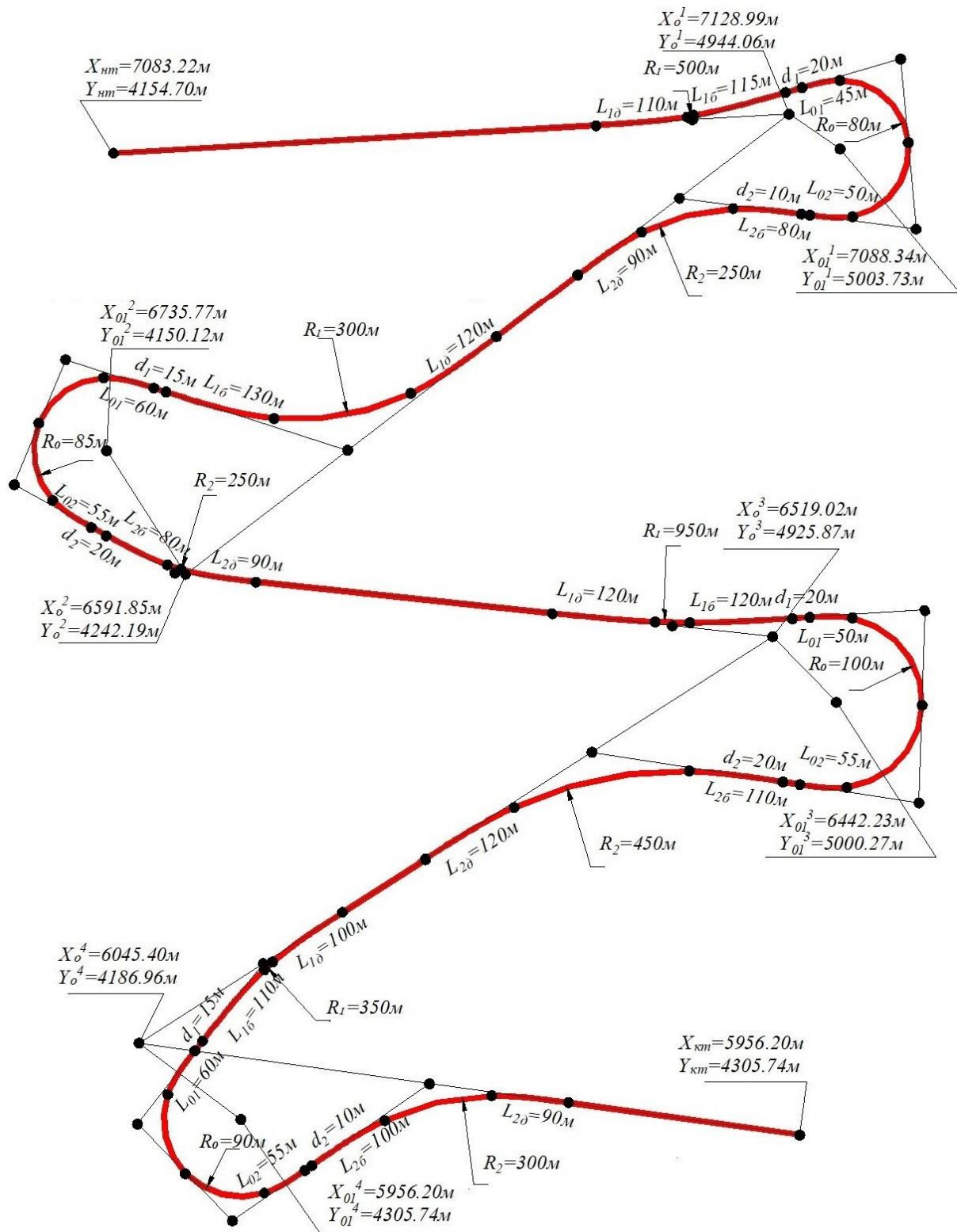


Рис. 12 – Исходные данные и результат расчета трассы на участке каскада серпантин

Заключение

В САПР АД отсутствует понятие серпантин как единого сложного закругления, что значительно усложняет проектирования. Проектировщик «собирает» комбинированное закругление из отдельных (трех, четырех и более) сложных, вписанных закруглений – с круговой вставкой и двух клотоид. Другими словами, проектирование серпантины сводится не к её расчету, а к графическому конструированию серпантинных закруглений.

До исследований, выполненных авторами настоящей статьи, не было способов расчета серпантины с несимметричными вспомогательными закруглениями и отсутствовала практика однозначного и достоверного расчета серпантин со смещенным центром основного закругления.

В настоящей статье разработаны предложения по автоматизации расчета серпантин любого вида и рода, в том числе сложных серпантин с несимметричными вспомогательными закруглениями. Основные зависимости и последовательность расчета базируются на разработанном ранее общем методе расчета серпантин.

В результате проведенных исследований:

- усовершенствован метода расчета серпантин для использования в цифровых моделях автомобильных дорог;

- разработаны алгоритмы автоматизации расчетов и проектирования серпантин в САПР АД;
- предложены решения по визуализации процесса проектирования серпантин с использованием САПР АД.

В статье приведены не только алгоритмы расчета, но численный пример их реализации. Внедрение указанных алгоритмов значительно упростит процедуру проектирования серпантинных трасс, повысит качество и надежность принимаемых проектных решений.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Митин Н.А. Серпантины. Метод расчета и разбивки. Таблицы / Н.А. Митин. – Москва : Транспорт, 1980. – 213 с.
2. Основы проектирования автомобильных дорог / Под ред. Г.Д. Дубелира. – Ленинград : Издательство Наркомхоза РСФСР, 1938. – 228 с.
3. Руководство по расчету и разбивке серпантин / Дор. н.-и. ин-т «ДорНИИ». – Москва : Гушосдор, 1939. – 128 с.
4. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог / Г.А. Федотов. – Москва : Транспорт, 1986. – 317 с.
5. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: в 2-х ч. Ч.2 : учебник для вузов / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – Москва : Транспорт, 1987. – 415 с.
6. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.2: учебник / Г.А. Федотов, П.И. Пospelov. – Москва : Высш.шк., 2010. – 519 с.
7. Жуков В.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: учеб. пособие / В.И. Жуков, Т.В. Гавриленко. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. – 122 с.
8. Лопашук В.В. Единый метод расчета и проектирования серпантин / В.В. Лопашук, А.В. Лопашук, С.В. Лопашук // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 5.
9. Бойков В.Н. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road) / В.Н. Бойков, Г.А. Федотов, В.И. Пуркин – Москва : Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 223 с.
10. Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог / В.И. Пуркин – Москва : МАДИ, 2000. – 141 с.
11. Соколов М.Л. Изыскания и проектирование автомобильных дорог в горной местности / М.Л. Соколов, С.А. Трескинский – Москва. : Научно-техническое издательство министерства автомоб. транспорта и шоссейных дорог РСФСР, 1961. – 256 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mitin N.A. Serpantiny. Metod rascheta i razbivki. Tablicy. [Streamers. Method of calculation and breakdown. Tables] / N.A. Mitin – Moscow : Transport, 1980. – 213p. [in Russian]
2. Osnovy proektirovaniya avtomobil'nyh dorog. [Fundamentals of road design] / ed. By G.D. Dubelir. – Leningrad : Publishing House of the People's Commissariat of the RSFSR, 1938. – 228 p. [in Russian]
3. Rukovodstvo po raschetu i razbivke serpantin [Guide to the calculation and breakdown of serpentines] / DorNII Road Research Institute. – Moscow : Gushosdor, 1939. – 128 p. [in Russian]
4. Fedotov G.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie avtomobil'nyh dorog [Computer-aided design of highways] / G.A. Fedotov. – Moscow : Transport, 1986. – 317 p. [in Russian]
5. Babkov V.F. Proektirovanie avtomobil'nyh dorog [Road design:] / V.F. Babkov, O.V. Andreev. – Moscow : Transport, 1987. – 415 p. [in Russian]
6. Fedotov G.A. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog. [Surveys and design of highways] / G.A. Fedotov, P.I. Pospelov. – Moscow : Vyssh.shk., 2010. – 519 p. [in Russian]
7. Zhukov V.I. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog v slozhnyh uslovijah: [Surveys and design of highways in difficult conditions:] / V.I. Zhukov, T.V. Gavrilenko. – Krasnojarsk : Siberian Federal University, 2019. – 122 p. [in Russian]
8. Lopashuk V.V. Edinyj metod rascheta i proektirovaniya serpantin [Unified method of calculation and design of serpentine] / V.V. Lopashuk, A.V. Lopashuk, S.V. Lopashuk // Vestnik Evrazijskoj nauki, 2020. – № 5. [in Russian]
9. Bojkov V.N. Avtomatizirovannoe proektirovanie avtomobil'nyh dorog (na primere IndorCAD/Road). [Computer-aided design of highways (using the example of IndorCAD/Road)] / V.N. Bojkov, G.A. Fedotov, V.I. Purkin – Moscow : MADI (GTU) Publishing House, 2005. – 223 p. [in Russian]
10. Purkin V.I. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya avtomobil'nyh dorog [Fundamentals of computer-aided design of highways] / V.I. Purkin. – Moscow : MADI, 2000. – 141 p. [in Russian]
11. Sokolov M.L. Izyskanija i proektirovanie avtomobil'nyh dorog v gornoj mestnosti. [Surveys and design of highways in mountainous areas] / M.L. Sokolov, S.A. Treskinskij – Moscow : Scientific and Technical Publishing House of the Ministry of Motor Transport, transport and highways of the RSFSR, 1961. – 256 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.010>**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ**

Научная статья

Каменчуков А.В.^{1,*}, Алексеева И.Д.², Павликов А.Б.³¹ ORCID: 0000-0001-7997-3195;¹⁻³ Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

* Корреспондирующий автор (006641[at]pnu.edu.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы повышения устойчивости крутых откосов дорожных насыпей. Выделены основные причины обрушения откосов насыпей и даны характеристики основных методов повышения устойчивости откосов. В практике дорожного строительства часто возникает необходимость проектирования земляного полотна в стесненных условиях, при этом не всегда возможно уменьшить высоту откоса. Поэтому авторами решена задача повышения устойчивости крутых откосов насыпей, расположенных на слабых грунтах основания. Разработан и проверен с помощью математической модели способ повышения устойчивости крутых откосов габионами с применением геосинтетических материалов. Даны рекомендации по повышению устойчивости насыпей земляного полотна, расположенных в стесненных условиях, при крутизне откоса 1:1 и 1:0,5.

Ключевые слова: автомобильная дорога, устойчивость откоса, математическое моделирование, габионы.

**ASSESSMENT OF STABILITY OF MESH STRUCTURE
UNDER THE INFLUENCE OF TRANSPORT LOAD**

Research article

Kamenchukov A.V.^{1,*}, Alekseeva I.D.², Pavlikov A.B.³¹ ORCID: 0000-0001-7997-3195;¹⁻³ Pacific National University, Khabarovsk, Russia

* Corresponding author (006641[at]pnu.edu.ru)

Abstract

The article discusses the issues of increasing the stability of steep slopes of road embankments. The main causes of the collapse of embankment slopes are highlighted, and the characteristics of the main methods for increasing the stability of the slopes are presented. In road construction, it is often necessary to design the groundwork in constraints, while it is not always possible to reduce the height of the slope. The authors solved the task of increasing the stability of steep slopes of embankments based on weak foundation soils. A method of increasing the stability of steep slopes with hydraulic works basket using geosynthetics has been developed and tested with a mathematical model. Recommendations are given to improve the stability of embankments of soils constructed in constraints, with a slope steepness of 1:1 and 1:0.5.

Keywords: motorroad, slope stability, mathematical modeling, hydraulic works basis.

Введение

Укрепление откосов является одним из факторов в обеспечении устойчивости откосов земляного полотна и повышению сопротивляемости грунтов внешним природно-климатическим воздействиям [1], [2].

Основными причинами потери устойчивости откосов и склонов являются:

- подрезка склона крутым откосом и нарушение предельного равновесия грунтов, слагающих откос;
- увеличение внешних статических и динамических нагрузок;
- изменение водно-теплого режима грунтово-геологического массива;
- ошибки проектирования.

Кроме этого, при устройстве насыпей на подтопляемых участках, расположенных в заболоченной местности или в поймах рек, также существует большая вероятность оползания и размыва откоса вследствие его подмыва и переувлажнения [3].

Методы и средства, применяемые для укрепления откосов

Основным назначением работ по укреплению откосов насыпей земляного полотна является защита грунтового откоса от различных природно-климатических воздействия (поверхностные осадки в виде дождя и снега, замерзания и оттаивания грунта откоса, ветровое воздействие и др.) и увеличения сопротивления вызванных водной и ветровой эрозией. Так-как в результате развития эрозийных процессов происходят изменения проектной геометрии поперечного профиля земляного полотна, что вызывает деформации и перемещения массивов грунта, приводящие к потере устойчивости и обрушению откоса.

Для укрепления откосов грунтовых насыпей и выемок применяют следующие средства [4], [5], [6]:

1. Засев откосов многолетними травами.
2. Мощение откосов бутовым камнем или устройство наброски из фракционированного каменного материала (щебень).
3. Устройство покрытий из монолитного железобетона или железобетонных плит.
4. Устройство конструкций из габионов.

Конструкции из габионов работают как удерживающие подпорные стенки. Габионы представляют собой ящики из оцинкованной проволоочной сетки, заполненные камнем, при этом длина одной секции габиона, как правило не превышает 3-4 м, а ширина и высота габиона изменяется в пределах от 0,5 до 2,0 м. Для уменьшения степени размыва

откоса за габионами, по контуру, укладывают прослойку из геосинтетического материала.

Для повышения устойчивости крутых откосов в конструкцию из габионов добавляют выпуски из георешетки обеспечивающей дополнительное армирование насыпи. Длина выпуска из георешетки составляет от 2 до 4 м, так как это является более перспективным и экономичным способом армирования насыпи, в процессе ее устройства (рис. 1).

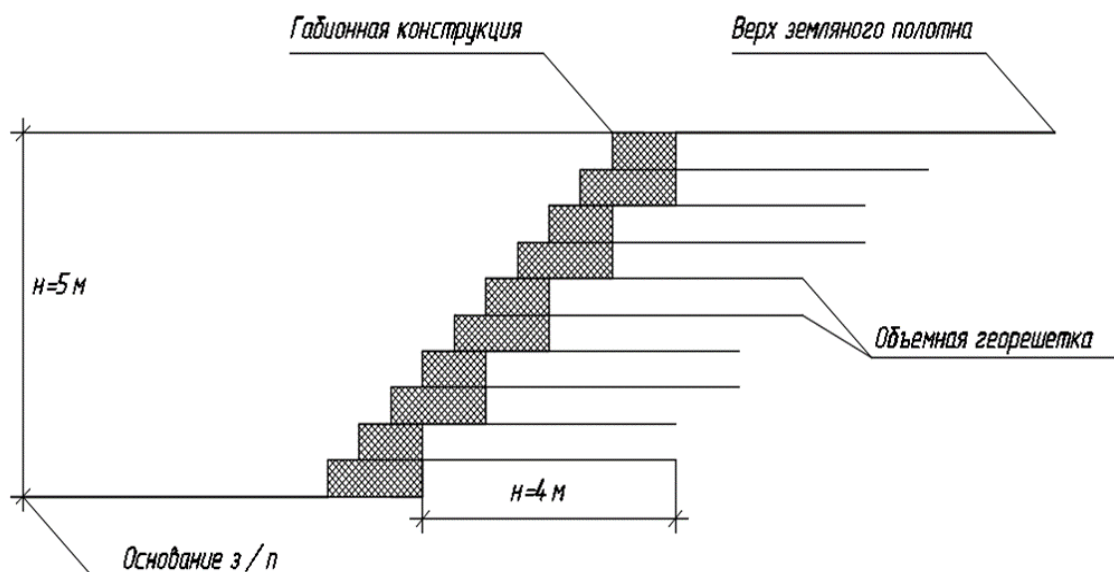


Рис. 1 – Схема подпорно-удерживающего сооружения из коробчатых габионных конструкций с объемной георешеткой в теле насыпи

При использовании объемной георешетки ее ячейки заполняют дисперсным материалом, как правило соответствующим материалу тела насыпи. В отдельных случаях георешетки заполняют только песчаными или песчано-гравийными смесями, для повышения сдвигустойчивости.

Для придания откосам прочности и устойчивости габионы заполняют щебеночными и песчано-гравийными смесями, щебнем или песком. Иногда используют заполнители из искусственного каменного материала, полученного в процессе переработки и дробления бетонных и железобетонных изделий, а также отходы тяжелой промышленности (шлакокаменные материалы).

Моделирование работы сложных габионных конструкций

Оценка устойчивости откосов и поверхностей выполняется методом расчета кругло-цилиндрических поверхностей скольжения. Все методы предельного равновесия допускают, что массив грунта над поверхностью скольжения делится на блоки (разделяющие плоскости между блоками всегда вертикальны). На блоки действуют сжимающие E и нормальные X силы, возникающие между блоками, сдвигающие N и нормальные T силы, возникающие внутри блока, а также вес грунта W внутри блока [7], [8]. Принципиальная схема оценки устойчивости откоса насыпи представлена на рис. 2.

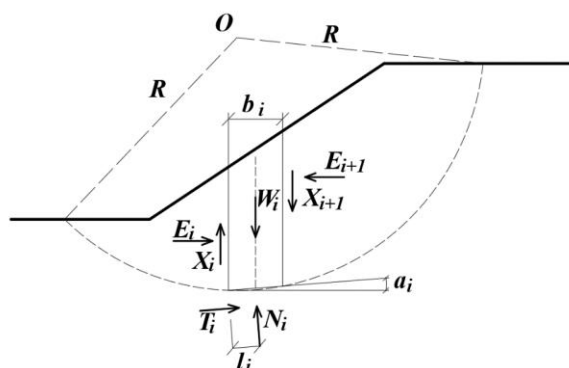


Рис. 2 – Статическая схема участка поверхности скольжения

Как правильно расчетная схема (рис. 2) дополнительно нагружается равномерно-распределенной нагрузкой F , имитирующей воздействие от движущегося транспорта.

В учебно-методическом пособии Р.Р. Хасанова, Казанского государственного архитектурно-строительного университета, можно рассчитать коэффициент устойчивости по отношению моментов удерживающих и сдвигающих сил, относительно оси поверхности скольжения:

$$k_y = \frac{\sum_{i=1}^n M_{i,yd}}{\sum_{i=1}^n M_{i,сдв}} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i + c_i l_i + P_i^* \sin \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n P_i \sin \alpha_i}, \quad (1)$$

где $P_i = G_i + b_i q$; – вес тех блоков, которые создают удерживающие моменты сил;

$G_i = \gamma_i V_i$ – вес расчетного блока; b_i – ширина блока; q – нагрузка на поверхности;

α_i – наклон поверхности скольжения к горизонту;

φ_i – угол внутреннего трения на поверхности скольжения;

l_i – длина поверхности скольжения; c_i – удельное сцепление грунта.

Откос считается устойчивым, если соотношение между удерживающими и сдвигающими силами соответствует условию равновесия $k_y \geq 1.2$.

Из практики дорожного строительства известно, что применение методики В. Феллениуса приводит расчету прочности с небольшим (до 10-15%) запасом устойчивости. Применение методики расчета кругло-цилиндрических поверхностей скольжения не позволяет запроектировать откос с заранее заданным коэффициентом устойчивости. Лишь постепенно изменяя поперечный профиль откоса, путем последовательных попыток можно приблизиться к желаемому коэффициенту устойчивости.

Расчет устойчивости откоса насыпи без подпорных сооружений выполнен в учебной лицензированной версии программы GEO5. На рис. 3–5 представлен расчет устойчивости откоса насыпи без применения удерживающих сооружений для внешней нагрузки распределенной по поверхности насыпи равной $F = 10 \text{ кН/м}^2$.


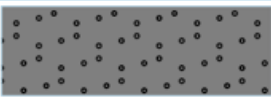
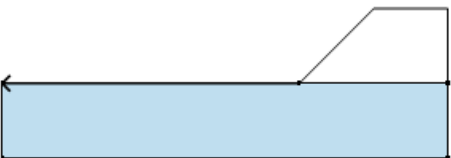
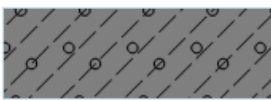
№	Расположение поверхности	Координаты точек поверхности [м]				Присвоенный грунт
		x	z	x	z	
1		30,00	0,00	30,00	5,00	Песок хорош. зернового состава (SW), средне уплотнённая 
		25,00	5,00	20,00	0,00	
2		20,00	0,00	0,00	0,00	Суглинок с гравием (MG), консистенция полутвёрдая 
		0,00	-5,00	30,00	-5,00	
		30,00	0,00			

Рис. 3 – Привязка поверхностей

Параметры поверхности скольжения					
Центр :	x =	15,25 [м]	Углы :	$\alpha_1 =$	32,69 [°]
	z =	11,25 [м]		$\alpha_2 =$	57,31 [°]
Радиус :	R =	11,58 [м]			
Поверхность скольжения после расчёта сети поверхностей скольжения.					

Рис. 4 – Параметры поверхности скольжения

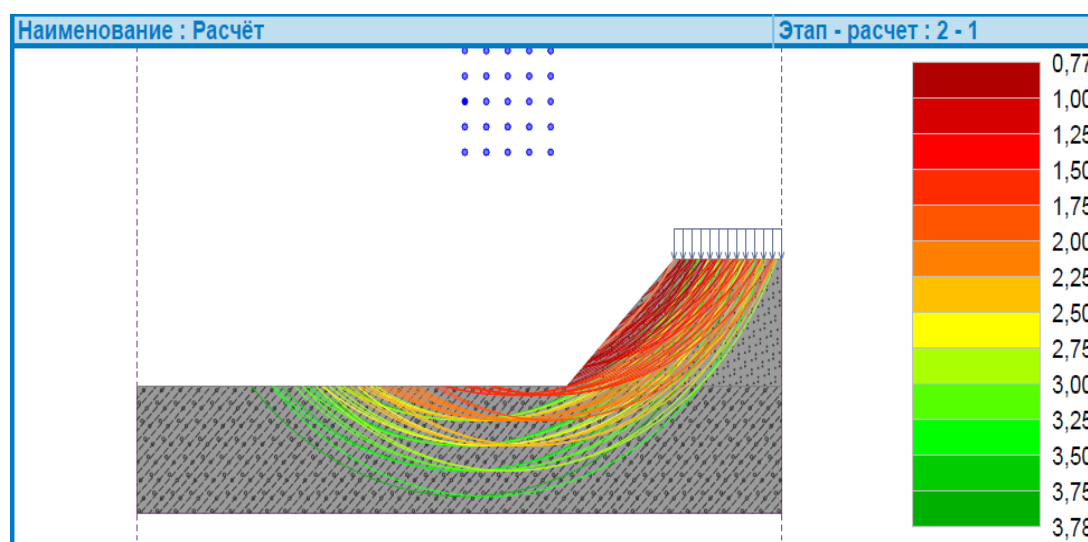


Рис. 5 – Все возможные варианты оползания откоса

Результаты проверки устойчивости крутого откоса насыпи представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Проверка устойчивости откоса (Bishop)

Параметры			
Суммирование активных сил	F_a	12,16	кН/м
Суммирование пассивных сил	F_p	9,33	кН/м
Оползневый момент	M_a	140,83	кНм/м
Удерживающий момент	M_p	108,10	кНм/м

Примечание: коэффициент запаса = $0,77 < 1,16$, т.е. устойчивость не обеспечена

Оценка удерживающей способности (сдвигустойчивости) подпорах стенок из габионных конструкций выполнен при следующих условиях значениях элементов насыпи [9], [10]:

1. Характеристики грунта основания земляного полотна – песок хорошего зернового состава средней крупности
 - удельный вес $\gamma_{осн} = 20 \text{ кН/м}^3$;
 - угол внутреннего трения $\phi_{осн} = 36,50^\circ$;
 - удельное сцепление $c_{осн} = 0 \text{ кПа}$;
2. Характеристики грунта насыпи (обратная засыпка) – суглинок легкий с гравием:
 - удельный вес $\gamma_{zas} = 19 \text{ кН/м}^3$;
 - угол внутреннего трения $\phi_{zas} = 29^\circ$;
 - удельное сцепление $c_{zas} = 8 \text{ кПа}$;
3. Угол наклона поверхности грунта к горизонту по задней грани подпорной стены $\epsilon_a = 45^\circ$;
4. Характеристики подпорной стенки из коробчатых габионов:
 - высота подпорной стенки $H = 5 \text{ м}$;
 - высота секции габиона № 1, №3, №5, №7, №9 – $a = 0,5 \text{ м}$; ширина секции габиона № 1, №3, №5, №7, №9 – $b = 1,5 \text{ м}$; ширина подошвы оперения габиона – $B = 1,5 \text{ м}$;
 - высота секции габиона №2, №4, №6, №8, №10 – $a = 0,5 \text{ м}$; ширина секции габиона №2, №4, №6, №8, №10 – $b = 0,5 \text{ м}$; ширина подошвы оперения габиона – $B = 1 \text{ м}$;
 - высота заглубления подошвы стены $h_p = 0 \text{ м}$;
 - пористость материала заполнения коробки габиона $n = 0,3$;
 - удельный вес грунта заполнения габиона $\gamma_s = 26 \text{ кН/м}^3$;
 - угол наклона задней стенки габиона $\alpha = 0^\circ$;
 - угол трения по задней стенки габиона $\phi_0 = \phi_{zas} = 29^\circ$.

Допускаемый коэффициент устойчивости k_{dop} принимается в зависимости уровня надежности конструкции ($\gamma_n=1,10$), коэффициента сочетания нагрузок ($\gamma_{fs}=1,00$) и коэффициента условий работы представлен ($\gamma_c=0,95$) [8].

Алгоритм проверки устойчивости конструкций из габионов представлен ниже [9], [10].

1. Допускаемый коэффициент устойчивости k_{dop} определяется следующим образом:

$$k_{dop} = \frac{\gamma_n * \gamma_{fs}}{\gamma_c}, \quad (2)$$

$$k_{dop} = \frac{1.1 * 1.0}{0.95} = 1.16.$$

2. Расчет удельного веса грунта заполнения короба габиона γ_g .

$$\gamma_g = \gamma_s * (1 - n), \quad (3)$$

$$\gamma_g = 26 * (1 - 0.3) = 18.2 \text{ кН/м}^3.$$

3. Расчет коэффициента трения грунта по основанию габиона f .

$$f = tg(\phi_{осн}), \quad (4)$$

$$f = tg(36.5^\circ) = 0.74$$

4. Расчет коэффициента активного давления грунта k_a .

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi_{zas} - a)}{\left(1 + \frac{\sin(\phi_{zas} + \phi_0) * \sin(\phi_{zas} + \epsilon_a)}{\cos(a + \phi_0) * \cos(a + \epsilon_a)}\right)^2 * \cos^2 a * \cos(a + \phi_0)}, \quad (5)$$

$$k_a = \frac{\cos^2(29^\circ - 0^\circ)}{\left(1 + \frac{\sin(29^\circ - 29^\circ) * \sin(29^\circ - 45^\circ)}{\cos(0^\circ - 29^\circ) * \cos(0^\circ - 45^\circ)}\right)^2 * \cos^2 0 * \cos(0^\circ + 29^\circ)} = 0.49.$$

5. Расчет активного давления грунта E_a .

$$E_a = \frac{1}{2} * \gamma_{zas} * H^2 * k_a, \quad (6)$$

$$E_a = \frac{1}{2} * 29 * 5 * 0.49 = 35,5 \text{ кН / м.}$$

Горизонтальная составляющая активного давления грунта E_{ah} :

$$E_{ah} = E_a * \cos(a + \varphi_0),$$

$$E_{ah} = 35,5 * \cos(0^\circ + 29^\circ) = 31,1 \text{ кН / м.}$$

Вертикальная составляющая активного давления грунта E_{av} :

$$E_{av} = E_a * \sin(a + \varphi_0),$$

$$E_{av} = 35,5 * \sin(0^\circ + 29^\circ) = 40,6 \text{ кН / м.}$$

6. Определение веса одной секции габиона G_i и веса всей стены G_0 .

$$G_i = a_i * b_i * \gamma_g,$$

$$G_{1,3,5,7,9} = 0,5 * 1,5 * 18.2 = 13,65 \text{ кН / м.}$$

$$G_{2,4,6,8,10} = 0,5 * 0,5 * 18.2 = 4,55 \text{ кН / м.}$$

$$G_0 = \sum_{i=1}^m G_i,$$

$$G_0 = (13,65 * 5) + (4,55 * 5) = 91 \text{ кН / м.}$$

7. Расчёт реакции грунта основания N .

$$N = G_0 + E_a,$$

$$N = 91 + 40,6 = 131,6 \text{ кН / м.}$$

8. Расчет удерживающей силы подпорной стенки из габионов R .

$$R = N * f + c_{osn} * B,$$

$$R = 131,6 * 0,74 + 0 * 1 = 97,4 \text{ кН / м.}$$

9. Расчет величины сдвигающей силы грунта T .

$$T = E_{ah},$$

$$T = 31,1 \text{ кН / м.}$$

10. Проверка сдвигустойчивости подпорной стены на сдвиг.

$$k = \frac{R}{T} \geq k_{dop},$$

$$k = \frac{97,4}{31,1} = 3,13 \geq 1,16.$$

Устойчивость подпорной стенки из коробчатых габионов обеспечивается.

Дополнительно выполнен программный расчет устойчивости откоса насыпи с подпорной стенкой из габионов и георешетки в программном комплексе GEO5. Расчетная схема представлена на рис. 6 и рис.7.



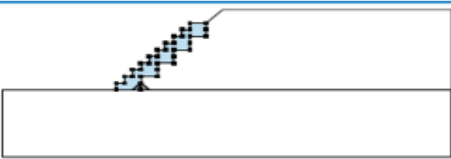
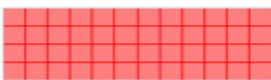
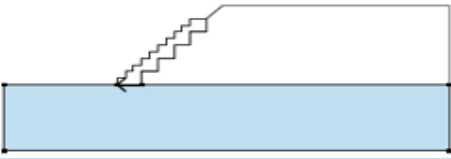
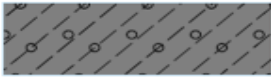
№	Расположение поверхности	Координаты точек поверхности [м]				Присвоенный грунт
		x	z	x	z	
1		15,00	-5,00	15,00	1,00	Песок хорош. зернового состава (SW), средне уплотнённая 
		1,00	1,00	0,00	0,00	
		0,00	-0,50	0,00	-1,00	
		-1,00	-1,00	-1,00	-1,50	
		-1,00	-2,00	-2,00	-2,00	
		-2,00	-2,50	-2,00	-3,00	
		-3,00	-3,00	-3,00	-3,50	
		-3,00	-4,00	-4,00	-4,00	
2		-4,00	-5,00	-4,00	-4,50	Материал конструкции 
		-4,00	-4,00	-3,00	-4,00	
		-3,00	-3,50	-3,00	-3,00	
		-2,00	-3,00	-2,00	-2,50	
		-2,00	-2,00	-1,00	-2,00	
		-1,00	-1,50	-1,00	-1,00	
		0,00	-1,00	0,00	-0,50	
		0,00	0,00	-1,00	0,00	
		-1,00	-0,50	-1,50	-0,50	
		-1,50	-1,00	-2,00	-1,00	
		-2,00	-1,50	-2,50	-1,50	
		-2,50	-2,00	-3,00	-2,00	
		-3,00	-2,50	-3,50	-2,50	
		-3,50	-3,00	-4,00	-3,00	
		-4,00	-3,50	-4,50	-3,50	
		-4,50	-4,00	-5,00	-4,00	
3		-5,00	-4,50	-5,50	-4,50	Суглинок с гравием (MG), консистенция полутвёрдая 
		-5,50	-5,00			
		-12,50	-5,00	-12,50	-10,00	
		15,00	-10,00	15,00	-5,00	

Рис. 6 – Параметры габионов

№	Точка слева		Точка справа		Длина L [м]	Прочность R _t [кН/м]	Сопротивление выдёргиванию.	Установка арм.элементы
	x [м]	z [м]	x [м]	z [м]				
1	-4,00	-4,50	0,00	-4,50	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
2	-4,00	-4,00	0,00	-4,00	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
3	-3,00	-3,50	1,00	-3,50	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
4	-3,00	-3,00	1,00	-3,00	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
5	-2,00	-2,50	2,00	-2,50	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
6	-2,00	-2,00	2,00	-2,00	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
7	-1,00	-1,50	3,00	-1,50	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
8	-1,00	-1,00	3,00	-1,00	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
9	0,00	-0,50	4,00	-0,50	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное
10	0,00	0,00	4,00	0,00	4,00	20,00	C = 0,80	Неподвижное

Рис. 7 – Армирующие элементы

Результаты расчета оценки устойчивости откоса насыпи укрепленного подпорной стенкой из габионных конструкций с геосеткой, при внешней нагрузки распределенной равномерно по поверхности насыпи, равной $F = 10 \text{ кН/м}^2$, представлена в таблице 2 и на рис. 8.

Таблица 2 – Проверка устойчивости откоса (Bishop)

Параметры			
Суммирование активных сил	F _a	324.81	кН/м
Суммирование пассивных сил	F _p	550.58	кН/м
Оползневый момент	M _a	3118.19	кНм/м
Удерживающий момент	M _p	5285.53	кНм/м

Примечание: коэффициент запаса $= 1,70 > 1,16$, т.е. устойчивость обеспечена

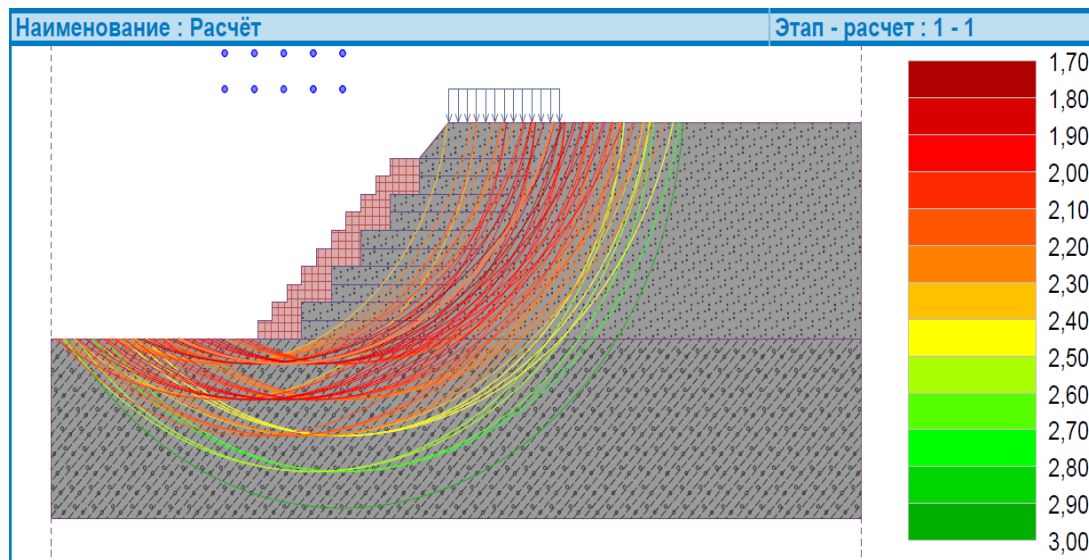


Рис. 8 – Всевозможные варианты сползания откоса

Заключение

Потеря устойчивости крутых откосов насыпей земляного полотна и грунтовых выемок является наиболее опасным и распространенным дефектом автомобильных дорог.

Предложенное инженерно-техническое решение позволяет предотвратить проникновение поверхностных вод в тело земляного полотна и предотвратить развитие деформаций, вызывающих потерю устойчивости. Кроме этого, гоббионные конструкции усиленные георешетками позволяют стабилизировать грунты расположенные в зоне образования критических поверхностей скольжения.

Как показали расчеты применение гоббионных конструкций усиленных геосинтетическим материалом позволяет повысить устойчивость крутых откосов, даже в условиях периодического и постоянного переувлажнения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References*

1. Золотарь И.А. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / И.А. Золотарь. – Москва : Транспорт, 1971. – 415 с.
2. Евгеньев И.Е. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах / И.Е. Евгеньев, В.Д. Казарновский. – Москва : Транспорт, 1976. – 269 с.
3. Макарова Ю.А. Исследование воздействия паводковых вод на разрушение откосов земляного полотна / Ю.А. Макарова, А.Ю. Мануковский // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2018. – № 2. – С. 70–76.
4. Ланис А.Л. Усиление грунтов земляного полотна на подходах к мостам и путепроводам / А.Л. Ланис, Д.А. Разуваев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 3(63). – С. 97–104.
5. Ланис А.Л. Усиление грунтов земляного полотна армирующими конструкциями / А.Л. Ланис, С.А. Овчинников // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути. – 2012. – С. 111–113
6. Рябова, О. В. Разработка мероприятий по инженерной защите автодорог на пойменных/участках / О.В. Рябова, А.А. Глагольев, В. Чан // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4-2. – С. 316–322
7. Каменчуков А.В. Оценка устойчивости откосов системы «земляное полотно – дорожная одежда» с нарушенной структурой / А.В. Каменчуков, Г.О. Николаева, Н.И. Горшков и др. // Транспортные сооружения. – 2020. – Т 7. – № 4.
8. Хуан Я.Х. Устойчивость земляных откосов / Я.Х. Хуан; перевод с англ. В.С. Забавина; под ред. В.Г. Мельника. – Москва: Стройиздат, 1988. – 235 с.
9. ОДМ 218.2.049-2015 «Рекомендации по проектированию и строительству гоббионных конструкций на автомобильных дорогах».
10. Методические рекомендации по применению гоббионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве / Организатор, Союздорпроект. – Москва, 2000. – 267 с.

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Zolotar I.A. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd [Water-thermal regime of subgrade and pavement] / I.A. Zolotar'. – Moscow : Transport, 1971. – 415 p. [in Russian]
2. Yevgen'yev I.Y. Zemlyanoye polотно avtomobil'nykh dorog na slabykh gruntakh [Road bed on soft soils] / I.Y. Yevgen'yev, V.D. Kazarnovskiy. – Moscow : Transport, 1976. – 269 p. [in Russian]
3. Makarova Y.A., Manukovskiy A.Y. Issledovaniye vozdeystviya pavodkovykh vod na razrusheniye otkosov zemlyanogo polotna [Investigation of the impact of flood waters on the destruction of the slopes of the subgrade] / Y.A. Makarova, A.Y. Manukovskiy // Izv. vuzov. Lesn. Zhurn [News of higher educational institutions. Forest magazine.]. – 2018. – № 2. – P. 70–76. [in Russian]
4. Lanis A.L. Usileniye gruntov zemlyanogo polotna na podkhodakh k mostam i puteprovodam [Strengthening of subgrade soils on the approaches to bridges and overpasses] / A.L. Lanis, D.A. Razuvayev // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya [Bulletin of the Rostov State University of Communications]. – 2016. – № 3(63). – P. 97–104. [in Russian]

5. Lanis A.L. Usileniye gruntov zemlyanogo polotna armiruyushchimi konstruktsiyami [Strengthening the subgrade soils with reinforcing structures] / A.L. Lanis, S.A. Ovchinnikov // *Sovremennyye problemy proyektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo puti* [Modern problems of design, construction and operation of the railway track]. – 2012. – P. 111–113. [in Russian]
6. Ryabova O. V. Razrabotka meropriyatiy po inzhenernoy zashchite avtodorog na poymennykh/uchastkakh [Development of measures for the engineering protection of roads in floodplains/sections] / O.V. Ryabova, A.A. Glagol'yev, V. Chan // *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental research]. – 2016. – № 4–2. – P. 316–322. [in Russian]
7. Kamenchukov A.V. Otsenka ustoychivosti otkosov sistemy «zemlyanoye polotno – dorozhnaya odezhda» s narushennoy strukturoy [Evaluation of the stability of slopes of the "subgrade – road clothes" system with a disturbed structure] / A.V. Kamenchukov, G.O. Nikolayeva, N.I. Gorshkov et al. // *Transportnyye sooruzheniya* [Transport structures]. – 2020. – Vol 7. – № 4. [in Russian]
8. Khuan Y.K. Ustoychivost' zemlyanykh otkosov [Stability of earthen slopes] / Y.K. Khuan.; transl. by. V.S. Zabavin; ed. by V.G. Mel'nika. – Moscow : Stroyizdat, 1988. – 235 p. [in Russian]
9. ODM 218.2.049-2015 «Rekomendatsii po proyektirovaniyu i stroitel'stvu gabionnykh konstruktsiy na avtomobil'nykh dorogakh» [Recommendations for the design and construction of gabion structures on highways]. [in Russian]
10. Metodicheskiye rekomendatsii po primeneniyu gabionnykh konstruktsiy v dorozhno-mostovom stroitel'stve [Guidelines for the use of gabion structures in road and bridge construction] / Organizator, Soyuzdorproyekt. – Moscow, 2000. – 267 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.011>**ВЛИЯНИЕ СОРБЕНТА «УНИСОРБ» ПОЛИМЕРНЫЙ И ДРУГИХ ИЗУЧАЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ДИНАМИКУ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В НЕФТЕШЛАМЕ**

Научная статья

Митриковский А.Я.¹, Бурлаенко В.З.², Белова Л.В.³, Романова А.А.⁴*, Стаселько О.Л.⁵, Шушарина И.В.⁶¹⁻⁶ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

* Корреспондирующий автор (cavita[at]mail.ru)

Аннотация

Актуальность предлагаемых исследований связана с необходимостью разработки способа утилизации отходов, образующихся в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях, обладающего требуемой эффективностью при минимальных значениях энерго- и ресурсопотребления по сравнению с другими способами.

В процессе нефтедобычи и переработки образуется значительное количество нефтешлама, который несет большую антропогенную нагрузку на биосферу, особенно подвержены агрессивному воздействию почвы. В связи с тем, что самоочищение почвы происходит медленно, применение новых современных экологических способов утилизации нефтесодержащих отходов для снижения антропогенной нагрузки имеет высокую практическую ценность.

Предложен способ утилизации нефтешлама основанный на применении современных биологических препаратов в сочетании с другими компонентами для биологического разложения нефтепродуктов в отходах переработки нефти при их хранении. Кроме высокой эффективности по снижению содержания нефтепродуктов и экологичности, данный способ экономичнее по сравнению с другими способами утилизации.

В процессе лабораторных исследований определен оптимальный состав и соотношение различных биологических препаратов для эффективного снижения концентрации нефтепродуктов в нефтяных отходах.

Пробы образцов почвоподобной среды, сформированной на основе нефтешлама и работающего утилизирующего состава, отбирались через определенные промежутки времени для наблюдения за динамикой снижения концентрации нефтепродуктов.

Ключевые слова: сорбент, утилизация, разложение нефтепродуктов, нефтешлам, углеводородоразлагающие бактерии.

EFFECT OF "UNISORB" POLYMERIC SORBENT AND OTHER STUDIED COMPONENTS ON THE DYNAMICS OF OIL PRODUCTS CONTENT IN OIL SLUDGE

Research article

Mitrikovskij A.Y.¹, Burlaenko V.Z.², Belova L.V.³, Romanova A.A.⁴*, Stasel'ko O.L.⁵, SHusharina I.V.⁶¹⁻⁶ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

* Corresponding author (cavita[at]mail.ru)

Abstract

The relevance of the proposed research is related to the need of developing a method of oil waste utilization in the production and refining industries, which would have the required efficiency with the minimum values of energy and resource consumption compared to other methods.

A significant amount of oil sludge is produced during the oil extraction and processing process, which has a large anthropogenic effect on the biosphere and is particularly susceptible to aggressive soil influences. Due to the fact that soil self-cleaning is slow, the application of new modern ecological methods of oil-containing waste utilization to reduce anthropogenic load has a high practical value.

The method of utilization of oil sludge based on modern biological drugs in combination with other components for biological decomposition of oil products in oil processing waste in their storage is presented. In addition to high efficiency in reducing the content of petroleum products and its environmental friendliness, this method is more cost-effective compared to other methods of disposal.

Over the course of laboratory research, the optimal composition and balance of different biological drugs for the effective reduction of petroleum products concentration in oil waste has been determined.

Samples of soil-like environment formed from the oil sludge and the working waste solution were taken at intervals to observe the decrease in the concentration of petroleum products.

Keywords: sorbent, utilization, decomposition of oil products, oil sludge, hydrocarbon-soluble bacteria.

Введение

Одной из актуальных проблем в нефтедобывающей отрасли является утилизация отходов, которые накапливаются в резервуарном парке. Нефтешламы это главные загрязнители почвенных экологических систем, так как нефтезагрязненная почва утрачивает способность к самовосстановлению [1], [2], [3]. Нефтешламы (нефтяные шламы) – это сложные физико-химические смеси, состоящие из нефти и продуктов ее переработки, а также механических примесей (глины, песка, воды, окиси металлов). При этом соотношение элементов присутствующих в нефтешламе могут быть различными.

В условиях Западно-Сибирского региона, характерного высокой степенью нефтедобычи, зафиксирована самая высокая нагрузка на элементы окружающей среды [4], особое негативное воздействие связывают с разливами нефти [5]. По данным Петуховой В. С., Скипина Л. Н. [6] на севере Тюменской области накоплено большое количество буровых шламов, требующих утилизации.

Преобладающим методом обезвреживания нефтешламов является сжигание, однако этот способ очень энергозатратен, не способен снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду. Разработка новых способов обезвреживания нефтешламов в аспекте сложившихся проблем является весьма актуальной задачей.

Существуют различные способы утилизации буровых шламов, особую популярность в последние годы получили биологические методы, основанные на разложении различных загрязнителей в процессе жизнедеятельности бактерий, которые являются для них питательной средой.

Известен способ очистки почв от нефтяных загрязнителей по патенту РФ №2175580 от 10.11.2001 г. с использованием специального состава, компонентами которого являются: активный ил – источник нефтеокисляющих микроорганизмов, навоз – применяется в качестве удобрения, древесные опилки – применяется в качестве адсорбента. Данный способ имеет достаточно высокую степень биоразложения нефтепродуктов для некоторых исходных концентраций и оптимальном соотношении компонентов утилизирующего состава, так максимальная степень 93,3 % получена после 6 месяцев работы состава при исходной концентрации нефтепродуктов в почве – 290 мг/кг. Однако для больших исходных концентраций нефтепродуктов данный способ показал низкую эффективность, например, при исходной концентрации нефтепродуктов в почве 25667 мг/кг после 6 месяцев воздействия степень биоразложения составила всего 17 %. Соответственно, недостатком данного метода являются низкие технологические возможности переработки [7], [8].

Материалы и методы

Экспериментальные исследования по определению качественного и количественного утилизационного состава для обработки нефтесодержащих отходов проводились в лабораторных условиях кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

При выборе компонентов состава было учтено, что важную роль в ремедиации нефтезагрязненных почв играют минеральные удобрения [9], [10]. Кроме того, при биоразложении нефтепродуктов необходимо соблюдать оптимальные влажностный, температурный, аэрационный режимы, а также ряд ученых отмечают, что самой оптимальной средой для существования углеводородразлагающих бактерий является нейтральная среда с pH равным 7,0–7,5.

В качестве компонентов утилизирующего нефтешлам состава применены: углеводородразлагающий препарат «Дестройл», минеральные удобрения, сорбент «Унисорб» полимерный, моющий препарат «Гидробрейк». Образцы нефтешлама, применяемые в исследовании имели следующие характеристики, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика нефтешлама участвующего в эксперименте

№	Показатель	Количество
1	pH	7,3
2	Содержание органической части, %	82,5
3	Содержание минеральной части, %	17,5
4	Содержание нефтепродуктов в нефтешламе, мг/кг	75000

Образцы почвоподобной среды (нефтешлам + песок + торф) смешивались с экспериментальным составом биоразлагающей нефтепродукты смеси и оставлялись для взаимодействия моделируя производственный процесс хранения отходов в течении 2 месяцев. Каждые две недели проводился отбор проб образца почвы для определения остаточной концентрации нефтепродуктов. Концентрация нефтепродуктов определялась по методике ПНД Ф 16.1:2.21–98 с применением анализатора жидкости «Флюорат-02», значение pH определялось по методике ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.33-02.

Результаты и обсуждение

Для реализации заявленной цели в процессе исследования были решены следующие задачи:

- 1) определить оптимальную концентрацию компонентов почвоподобной среды;
- 2) определить оптимальный состав и дозировку компонентов биоразлагающего утилизирующего состава;
- 3) проследить за динамикой изменения концентраций нефтепродуктов в исследуемых образцах при их хранении в течении двух месяцев.

В процессе эксперимента были изучены варианты с содержанием нефтешлама в изучаемых образцах 80 % и 55 % по следующей схеме:

- 1) песок – 10 г, нефтешлам – 80 г, торф – 10 г;
- 2) песок – 22,5 г, нефтешлам – 55 г, торф – 22,5 г.

В качестве основного компонента утилизирующего состава принят Полимерный сорбент «Унисорб», как наиболее экологичный биоразлагающийся элемент, обладающий некоторыми положительными свойствами.

Данный сорбент изготовлен на основе вспененного полимера при особом температурном режиме, с приданием материалу уникальных сорбирующих свойств. В силу своих свойств сорбент очень эффективно работает на любых видах поверхностей: почва, грунты различной плотности, водная поверхность, технические жидкости. Благодаря уникальным свойствам при нахождении в природе сорбент способен к самостоятельному разложению. Продукты разложения абсолютно безвредны и представляют собой природные вещества – мелиоранты, которые удобряют и улучшают структуру почв.

Сорбент является нетоксичным и непатогенным материалом, не вызывает нарушений экологического равновесия в экосистемах. «Унисорб» полимерный является стимулятором роста растений, структурообразователем, мелиорантом почв с одновременным кондиционированием грунта (аэрированием), улучшает фитосанитарное состояние нарушенных земель. «Унисорб» полимерный обладает развитой пористой структурой, что позволяет за короткое время сорбировать большое количество нефти и нефтепродуктов.

Характеристика сорбента «Унисорб» полимерный: 1) сорбирующая способность – 15–70 г нефти/г сорбента; 2) высокая скорость сорбции – 0,5–1,5 мл нефти/с; 3) биоразложение; 4) широкий диапазон рабочих температур: от – 25°С до +460°С; 5) возможность многократного использования.

Кроме сорбента «Унисорб» полимерный в состав смеси входили углеводородоразлагающий препарат «Дестройл» полимерный, минеральные удобрения, моющее средства «Гидробрейк», которые смешивались с исследуемым образцом.

Сорбент «Унисорб» полимерный вносился в дозе 10 % от массы нефтяного отхода, углеводородоразлагающий препарат «Дестройл» вносился в виде 3%-ного раствора с предварительным активированием в течение 24 часов, который вносили в количестве 1,0 мл на один образец полученного почвогрунта массой 100 г.

Изменение содержания нефтепродуктов в сформированном образце отображены на рисунке 1. Первый столбик фиксирует исходную концентрацию нефтепродуктов в образце равную 75000 мг/кг, далее представлены значения остаточного содержания нефтепродуктов после 2 недель взаимодействия, 4 недель, 6 недель и 8 недель – 4 этапа исследования.

Результаты исследования показали, что количество нефтепродуктов в нефтешламе с 75000 мг/кг через 2 месяца снизилось до 11025 мг/кг, т.е. снижение составило 85,3 % от первоначального значения.

Аналогичная динамика снижения нефтепродуктов в нефтяном шламе была отмечена и в другом варианте эксперимента, данные приведены на рисунке 2.



Рис. 1 – Эксперимент 1

(22,5 П + 55 Н/Ш + 22,5 Т + 10% Унисорб полимерный + Дестройл + минеральные удобрения + Гидробрейк)

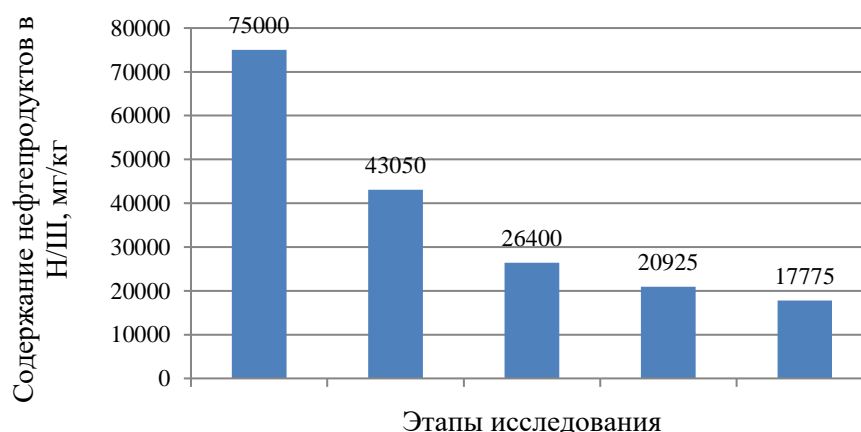


Рис. 2 – Эксперимент 2

(10 П + 80 Н/Ш + 10 Т + 10% Унисорб полимерный + Дестройл + минеральные удобрения + Гидробрейк)

Анализируя данные рисунка 2 необходимо отметить следующее, что содержание нефтепродуктов в полученном почвогрунте снизилось с 75000 мг/кг до 17775 мг/кг, что соответствует эффективности снижения концентрации нефтепродуктов равной 76,3 %.

В результате лабораторных исследований нами отмечено, что оптимальными параметрами, способствующими биodeградации нефтешлама являются: хороший аэрационный режим, оптимальная температура окружающей среды + 20 – 22 °С, нейтральная реакция (рН = 6,8 – 7,0), оптимальная влажность полученного субстрата 60 – 65 %, а также соотношение углерода и азота, как 10:1.

Заключение

Анализ представленных экспериментальных данных показал, что в обоих вариантах изучаемые компоненты

оказали положительное действие на снижение нефтепродуктов в сформированном почвогрунте. Так в первом эксперименте при сочетании сорбента «Унисорб» полимерный, биодеструктора «Дестройл» и других изучаемых препаратов наблюдалось снижение концентрации нефтепродуктов, эффективность составила 85,3 %.

Аналогичные данные были получены и во втором варианте исследований, где содержание нефтепродуктов в полученном почвогрунте снизилось на 76,3 % по сравнению с первоначальным содержанием (75000 мг/кг).

Результаты полученных экспериментальных данных позволяют сделать вывод о том, что данный качественный и количественный состав биологических препаратов в обоих вариантах позволяет добиться достаточно высокой эффективности снижения концентрации нефтепродуктов в нефтешламе и рекомендован для дальнейшего использования и разработки технологии биологического обезвреживания нефтешламов.

По результатам проведенных исследований, нами разработано техническое решение – установка по обезвреживанию нефтешлама с автоматической дозировкой применяемых компонентов утилизирующего состава, автоматизированной регулировкой влажностного, температурного, аэрационного режима при обезвреживании полученного субстрата на протяжении всего периода технологического процесса.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Солнцева Н.П. Изменение морфологии дерново-подзолистых почв в районе нефтедобычи / Н.П. Солнцева // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных систем. – Москва : Наука, 1982. – С. 29–70.
2. Глазовская М.А. Методические основы оценки экологической устойчивости почв к техногенным воздействиям / М.А. Глазовская. – Москва, 1997. – С. 102.
3. Сысо А.И. Ландшафтно-геохимический анализ изменений природной среды в районах нефтедобычи / А.И. Сысо, С.В. Васильев, Б.А. Смоленцева Б. А. и др. // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 3. – С. 333–342.
4. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б.И. Кочуров. – Москва : Смоленск. Маджента, 2003 – С. 384.
5. Скипин Л.Н. Содержание тяжелых металлов на территории нефтегазовых месторождений Тюменской области / Л.Н. Скипин, А.Я. Митриковский // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4 – С. 622.
6. Петухова В.С. Улучшение свойств отходов бурения методом химической коагуляции / Петухова В.С., Скипин Л.Н. // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов. – Белгород, 2013 – С. 170–172.
7. Киреева Н.А. Ускорение биодеструкции нефтяных загрязнений при рекультивации почв / Киреева Н.А., Тишкина Е.И. // Актуальные вопросы биотехнологии. – Межвузовский сборник. – Издательство БГУ, 1990 – С. 36–44
8. Киреева Н.А., Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах / Киреева Н.А. – Москва : Наука, 1995 – С. 178.
9. Салангинас Л.А. Изменение свойств почв под воздействием нефтезагрязнения и разработка систем мер по их реабилитации / Л.А. Салангинас. – Екатеринбург, 2003. – С. 441.
10. Пиковский Ю.И. Формирование и распределение техногенных потоков нефти / Ю.И. Пиковский // Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – Москва : Издательство МГУ, 1993 – С. 101–125.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Solnceva N.P. Izmenenie morfologii derno-podzolistykh pochv v rajone nefte dobychi [Changing of the morphology of derno-podzolic soils in the oil extraction area] / N.P. Solnceva // Dobycha poleznykh iskopaemykh i geohimiya prirodnykh sistem [Mining and geochemistry of natural systems]. – Moscow : Nauka, 1982. – P. 29–70. [in Russian]
2. Glazovskaya M.A. Metodicheskie osnovy ocenki ekologicheskoy ustojchivosti pochv k tekhnogennym vozdejstviyam [Methodological basis for assessing the environmental sustainability of soils to anthropogenic impact]. / M.A. Glazovskaya – Moscow, 1997. – P. 102. [in Russian]
3. Syso A.I. Landshaftno-geohimicheskij analiz izmenenij prirodnoj sredy v rajonah nefte dobychi [Landscape-geochemical analysis of environmental changes in oil extraction areas] / A.I. Syso, S.V. Vasil'ev, B.A. Smolenceva et al. // Sibirskij ekologicheskij zhurnal [Siberian Ecological Journal]. – 2001. – № 3. – P. 333–342. [in Russian]
4. Kochurov B.I. Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitiye [Ecodiagnosics and balanced development] / B.I. Kochurov. – Moscow : Smolensk. Madzhenta, 2003 – P. 384. [in Russian]
5. Skipin L.N. Soderzhanie tyazhelykh metallov na territorii neftegazonosnykh mestorozhdenij Tyumenskoj oblasti [Content of heavy metals in the territory of oil and gas fields of the Tyumen region] / L.N. Skipin, A.Y. Mitrikovskij // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Issues of Science and Education] . – 2014. – № 4 – P. 622. [in Russian]
6. Petuhova V.S. Uluchshenie svojstv othodov bureniya metodom himicheskoy koagulyacii [Improvement of drilling waste properties by chemical coagulation] / V.S. Petuhova, L.N. Skipin // Ekologiya i racional'noe prirodo pol'zovanie agropromyshlennykh regionov [Ecology and environmental management of agro-industrial regions]. – Belgorod, 2013 – P. 170–172. [in Russian]
7. Kireeva N.A. Uskorenie biodestrukcii neftyanykh zagryaznenij pri rekul'tivacii pochv [Acceleration of oil contaminants biodegradation during soil remediation] / N.A. Kireeva, E.I. Tishkina // Aktual'nye voprosy biotekhnologii [Relevant Issues of Biotechnology]. – Interuniversity collection. – BSU Publishing house, 1990 – P. 36–44 [in Russian]
8. Kireeva N.A., Mikrobiologicheskie processy v neftezagryaznennykh pochvah [Microbiological processes in oil-contaminated soils] / N.A. Kireeva – Moscow : Nauka, 1995 – P. 178. [in Russian]
9. Salanginas L.A. Izmenenie svojstv pochv pod vozdejstviem neftezagryazneniya i razrabotka sistem mer po ih rehabilitacii [Changing soil properties under the impact of oil pollution and the development of systems of measures for their rehabilitation] / L.A. Salanginas. – Ekaterinburg, 2003. – P. 441. [in Russian]
10. Pikovskij Y.I. Formirovanie i raspredelenie tekhnogennykh potokov nefti [Formation and distribution of technogenic oil flows] / Y.I. Pikovskij // Prirodnye i tekhnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayushchej srede [Natural and artificial hydrocarbon fluxes in the environment]. – Moscow : MSU Publishing House 1993 – P. 101–125. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.012>**ПОГРАНСЛОЙНЫЙ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В СРЕДАХ ЛОКАЛЬНО-НЕРАВНОВЕСНОЙ РЕЛАКСАЦИОННОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ**

Научная статья

Попов В.И.*

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Россия

* Корреспондирующий автор (vilpopov [at]mail.ru)

Аннотация

Методом интегральных соотношений рассмотрено влияние локальной неравновесности среды с релаксационной микроструктурой на погранслоное движение и тепломассоперенос. Классическое исследование задачи расширено на реологический класс полимерных сред и их систем с неравновесной релаксационной микроструктурой в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил. Термодинамические потоки в этом случае уже не определяются только градиентом соответствующего потенциала переноса, как для бесструктурных сред, а являются решениями эволюционного уравнения для внутреннего релаксационного параметра среды. Выделены определяющие процесс режимы, проанализированы и получены закономерности влияния локально – неравновесного, (запаздывающего), релаксационного процесса переноса на характеристики безградиентного погранслоного движения и тепломассопереноса.

Ключевые слова: полимерные среды, микроструктура, локальная – неравновесность, релаксация напряжений, погранслоный тепломассоперенос.

LAYER HEAT-AND-MASS TRANSFER IN LOCALLY NONEQUILIBRIUM RELAXATION MICROSTRUCTURE ENVIRONMENT

Research article

Popov V.I.*

Kutateladze Institute of Thermophysics of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

* Corresponding author (vilpopov [at]mail.ru)

Abstract

By the method of integral relations, the influence of the local nonequilibrium state and relaxation microstructure on the border-layer movement and heat and mass transfer is considered. The classical study of the problem is extended to the rheological class of polymer environments and their systems with non-equilibrium relaxation microstructure in the field of shift, entropy and diffusion forces. Thermodynamic flows in this case are no longer determined by the gradient of the corresponding transfer potential alone, as in structureless environments, but are themselves solutions of the evolutionary equation for the internal relaxation parameter of the environment. The modes determining the process have been listed, the regularities of influence of local nonequilibrium, (delayed), as well as relaxation process of transfer on the characteristics of the boundless border movement and heat and mass transfer have been analyzed and obtained.

Keywords: polymer environment, microstructure, local–nonequilibrium, stress relaxation, border-layer heat-and-mass transfer.

Введение

Широкий класс сред с неравновесной микроструктурой расплавы и растворы полимеров, сополимеры, вязкоупругие нефти, коллоидные системы, эмульсии, латексы, краски, полимеризованные смесевые топлива, и различные модификации таких сред наделены сложной внутренней микроструктурой и вследствие этого имеют особые физико – химические свойства. В зависимости от условий деформирования, даже вблизи равновесия, они способны проявлять нелинейно – вязкие свойства, запасать подводимую извне механическую энергию в виде разностей нормальных компонентов девиатора тензора напряжений и релаксировать напряженное состояние [1],[2]. Следствием этих свойств являются немгновенные и нелокальные (запаздывающие) отклики среды на внешние возмущения, определяющие процессы переноса потока импульса, тепла и массы к состоянию равновесия. Учет и оценка запаздывающих явлений переноса в технологиях получения и переработки рассматриваемых систем позволит ими управлять, оптимизировать и интенсифицировать.

Несмотря на большое разнообразие таких сред, и геометрий течений, для них характерно общее фундаментальное свойство: все процессы переноса необратимо по релаксационному механизму направлены на нейтрализацию внешних возмущений, отклоняющих структурную систему от состояния термодинамического равновесия.

В отличие от бесструктурных сред, рассматриваемая проблема осложнена тем, что структурные системы, из-за релаксационных явлений, откликаются на внешние возмущения немгновенно во времени и нелокально в пространстве, неравновесно даже в малом дифференциальном объеме среды, деформационное состояние которой зависит от состояния ближайшего окружения. Проблема немгновенности и дальнего действия возникает уже на уровне реологического замыкания динамического уравнения сохранения импульса (количества движения), тепла и массы элементарного объема таких сред, в том числе с учетом их микроструктурных состояний [3],[4],[5].

Прикладные задачи о влиянии локально – неравновесных процессов переноса на погранслоное движение и тепломассоперенос возникают в технологических процессах полимерных покрытий изделий от коррозии методом погружения, улучшения триботехнических свойств материалов, для качественного поверхностного слоя покрытий на подложке, включая многослойные покрытия, с целью повышения прочности модифицированных поверхностных слоев с релаксацией напряжений.

Важность задачи дополняется тем, что при получении качественного адгезионного покрытия и однородного распределения модифицирующих микро и нанодобавок, и прогнозируемой микроструктуры, необходимо иметь параметры согласования времени технологического процесса и времени релаксации полимерных систем к новому равновесному состоянию. Неучет запаздывающих релаксационных явлений на процессы тепломассопереноса может привести к потере качества поверхностной адгезии, а также к термической деструкции в полимерных средах и их системах из-за тонко сбалансированных сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил.

Метод интегральных соотношений часто используется при анализе характеристик погранслоного движения, сопротивления, тепло и массопереноса для обычных бесструктурных сред [6], [7]. Это связано с математическими трудностями, которые возникают уже при совместном интегрировании нелинейных дифференциальных уравнений погранслоного движения и тепломассопереноса, несмотря на простейшее (мгновенное и локально – равновесное) реологическое уравнение состояния Ньютона, относительно потока с сопряженными с ними силами.

Закономерности движения и тепломассопереноса при внешнем обтекании тел потоком сред с неравновесной внутренней микроструктурой практически не изучены. Реодинамическая проблема, как уже отмечено, состоит в замыкании динамического закона сохранения импульсов реологическим уравнением состояния, в разработке инженерных методов расчета процессов переноса.

Основная цель работы состоит в расширении известных интегральных методов переноса импульса и энергии применительно к исследованию квазистационарных погранслоных процессов переноса для широкого класса полимерных сред и их систем с релаксационной микроструктурой в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил. В установлении режимов и закономерностей, позволяющих учитывать влияние локально-неравновесных (запаздывающих) релаксационных процессов переноса импульса на примере характеристик плоского безградиентного погранслоного движения и тепломассопереноса.

Интегральные соотношения импульсов и теплового потока для пограничного слоя

Интегральное соотношение импульсов плоского квазистационарного погранслоного движения рассматриваемых сред и их систем, когда инерционные силы доминируют над внутренними напряжениями, представлено в работе [8] в виде:

$$\rho u_0^2 (d\delta^{**} / dx) = P_{cz}(x) - d/dx \int_0^{\delta} (P_{xx} - P_{yy}) dy \quad (1)$$

В уравнении (1) $\delta^* = \delta \int_0^1 \omega(1-\omega) d\xi$ – толщина потери импульса, где $\xi = y / \delta$ – координата, отнесенная к толщине пограничного слоя – δ . Величина $\Omega = u / u_0$ – отношение продольной скорости к скорости невозмущенного стенок потока; ρ – плотность среды; $P_{ct}(x)$ – касательное напряжение сдвига на стенке ($y=0$), переменное по продольной координате x , а $P_{xx} - P_{yy}$ первая разность нормальных компонент девиатора тензора напряжений.

Естественное введение в теорию второго члена правой части уравнения (1) – первой разности нормальных компонент тензора напряжений, которая обычно проявляется в опытах, включая простые реометрические исследования, устраняет неопределенность неизвестного изотропного гидростатического давления (P_0) и расширяет возможность его использования для исследования полимерных сред со сложной внутренней микроструктурой [2].

Поле течения во внешней области обтекаемого тела со скоростью u_0 , как это обычно предполагается в теории погранслоного движения ($1/Re \ll 1$), описывается решением уравнения Эйлера.

Величина $\delta^* = \delta \int_0^1 (1-\omega) d\xi$ – толщина вытеснения. Она характеризует смещение линий тока от поверхности обтекаемого контура, вызванное наличием пограничного слоя и позволяет дать практическую оценку характерной толщины пограничного слоя, полагая, как обычно, что $u = 0.99 u_0$.

Влияние локально – неравновесного процесса переноса импульса на тепловые характеристики пограничного слоя определяется из интегрального соотношения для теплопереноса с постоянными теплофизическими свойствами [9]:

$$c_p \rho u_0 (d\delta_T^{**} / dx) = \lambda / \delta_T [dT / dT]_{CT} \quad (2)$$

В уравнении (2) δ_T^{**} – толщина потери теплосодержания; $\xi_T = y / \delta_T$ координата, отнесенная к толщине теплового пограничного слоя δ_T :

$$\delta_T^{**} = \delta_T \int_0^{\delta_T} \omega(1-T) d\xi_T \quad (3)$$

Уравнение (1) не замкнуто относительно реологического уравнения состояния, характеризующее связь между потоком импульса и сопряженными с ними силами. Кроме того уравнения (1), (2), (3) неопределенны относительно распределения по сечению погранслоя профиля скоростей и температур.

Реологическое уравнение состояния и режимы погранслоного движения

Реодинамика определяет процессы движения и тепломассопереноса. Подходы и методы описания кинематики деформирования рассматриваемых сред и процессов переноса в них зависят от вида реакции среды на внешнее возмущение. В настоящее время развиваются феноменологические и структурно – статистические подходы и методы для реологического замыкания фундаментальных динамических законов сохранения.

В работе [3] в рамках расширенной неравновесной статистической термодинамики для класса полимерных сред и их систем смоделирован немгновенный и нелокальный процесс переноса потока импульса сред с релаксационной

микроструктурой в поле сдвиговых, энтропийных и диффузионных сил. Получены соотношения для компонентов тензорного макропараметра, характеризующие изменение структуры деформируемой среды из-за релаксационных явлений. При этом согласующиеся с квазистационарным опытом [10] соответствующие компоненты тензора напряжений потока импульса с сопряженными с ними силами, имеют вид:

$$P_{XV} = \frac{\varepsilon G \alpha}{2} (1 - \exp(-2\alpha^{-1}t)) \quad (4)$$

$$P_{XX} - P_{YY} = \frac{\varepsilon G^2 \alpha^2}{2} [1 - \exp(-2\alpha^{-1}t) - 2\alpha^{-1}t \exp(-2\alpha^{-1}t)] \quad (5)$$

Анализ соотношений (4) и (5) выявил зависимость сдвиговых и первой разности нормальных компонент тензора напряжений от релаксационных свойств и режимов деформирования среды. Очевидно (рис.1), что при числах $We < 2uDe < 1.2$ к расчету процессов переноса можно применять методы классической неравновесной термодинамики. В нестационарных потоках в области чисел $We > 2uDe > 1.2$ диссипативные реологические потоки не определяются градиентами соответствующего потенциала переноса, а уже являются решениями эволюционного уравнения, описывающего процесс релаксации напряженного состояния неравновесной полимерной системы к своим равновесным значениям.

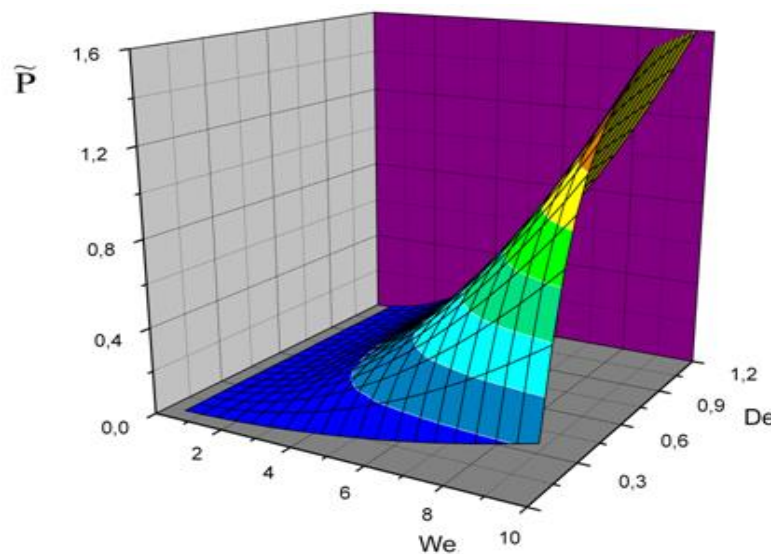


Рис. 1 – Влияние De и We на величину и характер изменения первой разности нормальных компонент тензора напряжения $\tilde{P} \equiv 2(P_{XX} - P_{YY}) / \varepsilon$

Немгновенное влияние на процесс переноса импульса характеризует критерий Деборы (отношение времени релаксации α к характерному времени процесса $De = \alpha/t^*$), а локально – неравновесное влияние в квазистационарном процессе характеризует критерий Вейссенберга ($We = G \alpha$). Величины $0.5\varepsilon\alpha = \mu$ – динамическая вязкость; ε – модуль эластичности; градиент скорости сдвига $G(d/d) u_0 / \delta$.

Из соотношений (4) и (5) следует, что в условиях квазистационарного сдвига, характерного для интегрального погранслоного класса задач [6], [7], напряженное состояние среды, обусловленное локально-неравновесной микроструктурой, имеет вид:

$$(P_{XX} P_{YY}) / P_{XY} = G \alpha \quad (6)$$

Таким образом, критерий We является мерой относительного влияния первой разности нормальных и касательных напряжений, развивающихся в потоке в балансе с инерционными силами. Диссипация механической энергии – величина $G P_{xy}$.

В работе [10], на основе обработки экспериментальных данных различных авторов в рамках соотношения (6) представлен широкий набор полимерных сред и их систем, (рис. 2), для которых это отношение является постоянной ($\alpha \neq f(G,T)$) величиной.

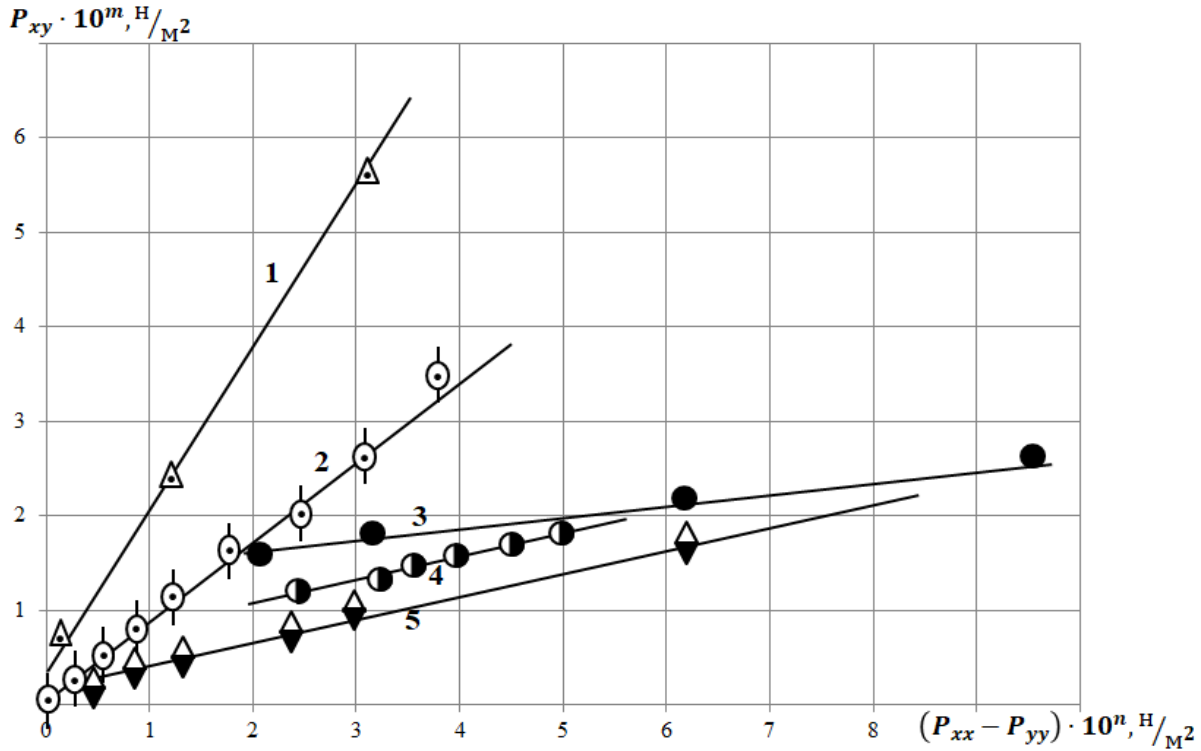


Рис. 2 – Зависимость между касательными и первой разностью нормальных напряжений:

1 – 0.5 % – полиизобутилметакрилат в дибутилфталате, $m = -3$, $n = -4$; 2 – 11% раствор этилцеллюлозы в циклогексане, $m = -2$, $n = -2$; 3 – 0.7% раствор Na-КМЦ в воде, $m = 1$, $n = 0$; 4 – 5% раствор полиизобутилена в декалине, $m = 0$, $n = -1$; 5 – жидкость Ankle-Joint, $m = -1$, $n = -3$

Результаты исследования влияния локально – неравновесного процесса переноса импульса на интегральные характеристики погранслоного движения и тепломассопереноса

Выше отмечено, что уравнения (1), (2), (3) неопределенны относительно распределения по сечению погранслоя профиля скоростей и температур. В методе интегральных соотношений обычно предполагается аппроксимация поля скоростей и температур (концентрационных масс) поперек пограничного слоя с последующим нахождением их толщин и интегральных характеристик потока по длине их развития [6], [7], [9]. Вследствие аналогичности граничных условий делается предположение о подобном характере распределения профилей скоростей и температур. Коэффициенты аппроксимации определяются из граничных условий задачи.

Распределение скоростей для рассматриваемой задачи удобно выбрать в виде ряда кубической параболы [6] для граничных условий: $y = \delta$, $u = u_0$, $(du/dy) = 0$, $(d^2u/dy^2) = 0$; $y = 0$, $u = 0$, $(d^2u/dy^2) = 0$. Полагаем, что в непосредственной близости от стенки касательные напряжения постоянны. В соответствии с (4) должны быть постоянны градиенты скорости, что соответствует последнему граничному условию непрерывности изменения кривизны профиля скоростей $u(y)$.

Перечисленным требованиям будет удовлетворять безразмерное распределение продольной составляющей вектора скорости в виде [6]:

$$\omega = u/u_0 = 1.5(y/\delta) - 0.5(y/\delta)^3 \quad (7)$$

Развитие слоя с передней кромки ($x=0$) торможения потока может происходить лишь после диссипативного ($G_{P_{xy}}$) [8] релаксационного завершения процесса от квазитвердого (эластичного) до некоторого жидкотекучего состояния напряжений в потоке (число $We < 5$). В этом случае последний член в уравнении (1) уже не является доминирующим, а силы инерции уравновешиваются напряжениями сдвига и частично первой разностью нормальных напряжений (6) [2], [11].

Подставляя соответствующие значения величин (4), (5), (7) в соотношение (1), в котором уже $\delta^{**} = 0.1393 \delta$, приходим к замкнутому уравнению импульсов для определения развития толщины погранслоя вдоль продольной координаты x .

Из интегрального соотношения импульсов (1), а также из условия постоянства величины We [10] для локально – неравновесного потока, когда последний член в уравнении (1) не является доминирующим (область $2 < We < 5$, рис.1), имеем:

$$\delta = 10.79 We / Re [(1 + 0.1853 (X/Re) / (We/Re)^{0.5} - 1] \quad (8)$$

Уравнение (8) определяет развитие толщины погранслоя вдоль пластины ($X = X/L$), в зависимости от чисел $Re = u_0 L / \nu$ и $2 < We < 5$. Величина $\nu = \mu / \rho$ – кинематическая вязкость среды. В уравнении (8) толщина пограничного слоя отнесена к характерному геометрическому размеру L . Локально – равновесный поток имеет место при $We < 2$. В этом случае влияние первой разности нормальных напряжений незначительно (рис.1).

Критерий $We / Re \ll 1$, на основе лишь анализа размерностей погранслоного движения уже предлагался в работе [2] к систематическому использованию. В данной работе методом интегральных соотношений установлено на основе этого критерия запаздывающее влияние по релаксационному механизму внешнего возмущения на процессы погранслоного теплопереноса. Отношение $We/Re = V \varpi / L^2$ не зависит от X и скорости потока. Его можно интерпретировать, как свойство среды терять сдвиговый вязкий импульс в результате релаксационных явлений на масштабе L^2 .

Для локально – равновесного потока ($We / Re \rightarrow 0$) из (8) имеем уже известные соотношения развития (без релаксационного запаздывания) толщины погранслоа по длине пластины ($\delta = 4.64 (V \varpi / u_0)^{0.5}$), сопротивления ньютоновских жидкостей [6], [7].

Из соотношения (8) также следует, что с увеличением ϖ толщина динамического погранслоа уменьшается, с ростом частоты релаксации – возрастает. Это может быть средством управления его толщиной и соответственно сопротивлением потока.

В связи с тем, что граничные условия профиля температур в уравнениях (2) и (3) аналогичны граничным условиям для профиля скоростей (7), полагаем [12]:

$$T = (t - t_{ct}) / (t_0 - t_{ct}) = 1.5 (y / \delta_T) - 0.5 (y / \delta_T)^3 \quad (9)$$

В уравнении (9) t_{ct} и t_0 соответственно постоянные температуры на стенке и вне теплового пограничного слоя. Температура среды отсчитывается от температуры стенки.

Для полимерных сред и их систем толщина теплового пограничного слоя меньше динамического, то есть $\delta_T < \delta$. В силу тождественности начальных (при $x = 0$, $\delta_T = \delta = 0$) и граничных (по y) условий их определения, можно полагать, что толщины теплового и динамического слоев в изотермическом приближении зависят от x одинаково, а отношение $K = \delta_T / \delta$ имеет постоянную величину [5], [12].

Определяя величины в пределах теплового пограничного слоя, и подставляя их в уравнение теплового баланса (2), приходим для области значений $We / Re \ll 1$ и $2 < We < 5$ к уравнению для нахождения K и уравнению для развития толщины теплового погранслоа:

$$\delta_T = K \delta = 10.79 Pr^{-0.33} We / Re [(1 + 0.1853 (X / Re) / (We / Re)^2)^{0.5} - 1] \quad (10)$$

Для локально-равновесного потока из (10) имеем [12]: $\delta_T = 4.64 x (Re_x)^{-0.5} Pr^{-0.33}$.

Коэффициент теплоотдачи, по общепринятому опытному определению [9], [12], имеет вид:

$$\alpha = \lambda / (t_0 - t_{ct}) [d(t - t_{ct}) / dy]_{ct} = 1.5 \lambda / \delta_T \quad (11)$$

Следовательно, с учетом (10) соотношение для критерия Нуссельта $Nu = \alpha L / \lambda$ имеет вид:

$$Nu = 0.139 Pr^{0.33} \{ We / Re [(1 + 0.1853 (X / Re) / (We / Re)^2)^{0.5} - 1] \}^{-1} \quad (12)$$

Без релаксационного запаздывания (локально – равновесный поток, $We / Re \rightarrow 0$) из (12) имеем соотношения [6], [12] для ньютоновских сред: $Nu_x = 0.323 Re^{0.5} Pr^{0.33}$.

Из уравнения (10) и (11) следует, что с ростом времени релаксации среды толщина теплового погранслоа уменьшается, коэффициент теплоотдачи возрастает. С ростом частоты релаксации соответственно увеличивается. Теплоперенос (12) при этом может соответственно увеличиваться или уменьшаться.

Выводы

Интегральные методы переноса потока импульса и энергии расширены применительно к исследованию квазистационарных погранслоных характеристик переноса в средах локально – неравновесной релаксационной микроструктуры. Получены аналитические закономерности для учета запаздывающего влияния неравновесности на основные характеристики погранслоного движения и теплопереноса. Выявлены режимы и критерии подобия $We / Re = V \varpi / L^2$, позволяющие оценить и учесть влияние запаздывающих релаксационных процессов переноса импульса на характеристики безградиентного погранслоного движения и теплопереноса. Установлено, что величина We является мерой относительного влияния первой разности нормальных и касательных напряжений, развивающихся в потоке в балансе с инерционными силами. Величину $V \varpi / L^2$ можно интерпретировать, как свойство среды терять сдвиговый вязкий импульс на пространственном масштабе L^2 в результате релаксационного явления переноса, обусловленного диссипацией механической энергии потока. Учет влияния времени или частоты релаксации устанавливает возможность управления толщиной теплового пограничного слоя и соответственно теплопереносом при внешнем обтекании поверхности средой локально – неравновесной релаксационной микроструктуры.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Bird R.B. Dynamics of polymeric liquids: Fluid Mechanics / R.B. Bird, R.C. Armstrong, O. Hassager. – New York : Wiley – Interscience, 1987.

2. Астарита Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей / Дж. Астарита, Дж. Марручи. – Москва : Мир, 1978.
3. Popov V.I. On non equilibrium thermorheodynamics of the media of variable microstructure / V.I. Popov // International Research Journal. – 2021. – № 1(103). – P. 30–40.
4. Капильный А.Г. Процессы переноса в расширенной необратимой термодинамике / А.Г. Капильный, А.А. Карабутов // MATHEMATICA MONTISNIGRI – 2016. – Т. 36. – С. 86–103.
5. Кудинов И.В. Математическое моделирование локально-неравновесных процессов переноса теплоты, массы, импульса с учетом релаксационных явлений / И.В. Кудинов: дисс. д-ра техн. наук. – Самара, 2017. – 348 с.
6. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – Москва : Наука, 1956.
7. Лойцянский Л.Г. Ламинарный пограничный слой / Л.Г. Лойцянский. – Москва : Изд-во физ. мат. литературы, 1962.
8. Popov V.I. Investigation of the characteristics of the development of the boundary layer motion of locally nonequilibrium systems / V.I. Popov, A.V. Kuznetsov // Journal of Physics: Conference Series (Proc. 37th STS), 2150 (2022) 012028. – P. 1–3.
9. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – Изд-во Наука, Сибирское отделение, 1970.
10. Попов В.И. О соотношении нормальных и касательных напряжений при течении упруго-вязких жидкостей / В.И. Попов // Механика полимеров. – 1970. – С. 126–128.
11. Metzner A.B. Flow Behavior of Viscoelastic Fluids in the Inlet Region of a Channel / A.B. Metzner, J.L. White // AIChE Journal. – 1965. – Vol. 11. – № 6. – P. 989–994.
12. Исаченко В.П. Теплопередача. / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – Москва : Энергия, 1969.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bird R.B. Dynamics of polymeric liquids: Fluid Mechanics / R.B. Bird, R.C. Armstrong, O. Hassager. – New York : Wiley – Interscience, 1987.
2. Astarita J. Osnovy gidromekhaniki nen'yutonovskih zhidkostej [Fundamentals of hydromechanics of non-Newtonian fluids] / J. Astarita, J. Marrucci. – Moscow : Mir, 1978. [in Russian]
3. Popov V.I. On non equilibrium thermorheodynamics of the media of variable microstructure / V.I. Popov // International Research Journal. – 2021. – № 1(103). – P. 30–40.
4. Kapil'nyj A.G. Processy perenosa v rasshirennoj neobratimoy termodinamike [Transfer processes in extended irreversible thermodynamics] / A.G. Kapil'nyj, A.A. Karabutov // v sbornike MATHEMATICA MONTISNIGRI [In the collection MATHEMATICA MONTISNIGRI] – 2016. – Vol. 36. – P. 86–103. [in Russian]
5. Kudinov I.V. Matematicheskoe modelirovanie lokal'no-neravnesnyh processov perenosa teploty, massy, impul'sa s uchetom relaksacionnyh yavlenij [Mathematical modeling of local nonequilibrium processes of heat, mass, momentum transfer in regards to relaxation phenomena] / I.V. Kudinov: thesis for PhD in Technical Sciences. – Samara, 2017. – 348 p. [in Russian]
6. Shlihting G. Teoriya pogranichnogo sloya [Boundary layer theory] / G. Shlihting. – Moscow : Nauka, 1956. [in Russian]
7. Lojcyanskij L.G. Laminarnyj pogranichnyj sloj [Laminar boundary layer] / L.G. Lojcyanskij. – Moscow : Physics and Mathematics Literature Publishing House, 1962. [in Russian]
8. Popov V.I. Investigation of the characteristics of the development of the boundary layer motion of locally nonequilibrium systems / V.I. Popov, A.V. Kuznetsov // Journal of Physics: Conference Series (Proc. 37th STS), 2150 (2022) 012028. – P. 1–3.
9. Kutateladze S.S. Osnovy teorii teploobmena [Basics of Heat Transfer Theory] / S.S. Kutateladze. – Nauka, Siberian Branch Publishing House, 1970. [in Russian]
10. Popov V.I. O sootnoshenii normal'nyh i kasatel'nyh napryazhenij pri techenii uprugov-vyazkih zhidkostej [On the connection between normal and tangential stresses in the flow of elastic-viscous fluids] / V.I. Popov // Mekhanika polimerov [Polymer Mechanics]. – 1970. – P. 126–128. [in Russian]
11. Metzner A.B. Flow Behavior of Viscoelastic Fluids in the Inlet Region of a Channel / A.B. Metzner, J.L. White // AIChE Journal. – 1965. – Vol. 11. – № 6. – P. 989–994.
12. Isachenko V.P. Teploperedacha [Heat transfer]. / V.P. Isachenko, V.A. Osipova, A.S. Sukomel. – Moscow : Energiya, 1969. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.013>**СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ**

Научная статья

Толстых А.А.^{1,*}, Голубинский А.Н.²¹ Москва, Россия;² АО «Концерн «Созвездие», Воронеж, Россия

* Корреспондирующий автор (tolstykh.aa[at]yandex.ru)

Аннотация

В настоящее время искусственные нейронные сети (ИНС) успешно решают множество задач классификации, как бинарной, так и многоклассовой с различными типами информации в качестве входного вектора. Однако существует проблема эффективного обучения ИНС, так как для глубоких сетей алгоритмы оптимизации параметров второго порядка не применяются по причинам больших вычислительных затрат, используют различные вариации алгоритмов оптимизации первого порядка. Одной из основных проблем выбора алгоритма оптимизации является оценка его эффективности при обучении конкретной ИНС. В работе проведен анализ эффективности методов изменения скорости обучения искусственных нейронных сетей. Проанализированы различные подходы к изменению скорости обучения в процессе оптимизации параметров ИНС для различных задач классификации. Проанализировано влияние выбора метода оптимизации и количества параметров нейросетевого классификатора на эффективность обучения. Приведены экспериментальные результаты для двух различных задач классификации и их анализ. Результаты исследования могут быть применены при разработке нейросетевых классификаторов.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, обучение, методы оптимизации.**COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF METHODS FOR CHANGING THE LEARNING RATE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN VARIOUS CLASSIFICATION TASKS**

Research article

Tolstykh A.A.^{1,*}, Golubinsky A.N.²¹ Moscow, Russia;² JSC Concern «Sozvezdie», Voronezh, Russia

* Corresponding author (tolstykh.aa[at]yandex.ru)

Abstract

Today, artificial neural networks (ANN) successfully solve many classification problems, both binary and multiclass ones, with various types of information as an input vector. However, there is a problem of effective training of ANN, since for deep webs, second-order parameter optimization algorithms are not used due to the reasons of high computational costs; variations of first-order optimization algorithms are used instead. One of the main problems of choosing an optimization algorithm is to evaluate its effectiveness in training a specific ANN. The paper analyzes the effectiveness of methods for changing the learning rate of artificial neural networks. Various approaches to changing the learning rate in the process of optimizing the parameters of the ANN for various classification tasks are examined. The influence of the optimization method choice and the number of parameters of the neural network classifier on the effectiveness of training is analyzed. Experimental results for two different classification tasks and their analysis are presented. The results of the study can be applied in the development of neural network classifiers.

Keywords: artificial neural networks, training, optimization methods.**Введение**

Целью работы является проведение анализа эффективности алгоритмов оптимизации первого порядка для различных архитектур ИНС, полученных алгоритмом выбора количества нейронов [1], [2] при различных наборах входных данных.

Задачей исследования является проведение анализа эффективности оптимизации первого порядка для различных архитектур для формирования рекомендации по применению методов оптимизации в конкретных задачах классификации объектов на цифровых изображениях.

Одной из основных проблем, возникающих при построении классификаторов на основе сверточных нейронных сетей, является подбор параметров обучения [3], [4]. При неправильном выборе скорости обучения (СО) возрастает время обучения, вероятность попасть в локальный минимум функции ошибки и вероятность расхождения алгоритма обучения.

Методы изменения значения весов, в большинстве своем, основаны на идеях градиентного спуска по функции ошибки. Однако, в связи с тем, что размерность функции ошибки в ИНС может достигать десятков миллионов измерений, аналитическое вычисление градиентов является крайне трудной вычислительной задачей.

Обзор существующих методов изменения скорости обучения

Для решения поставленной задачи необходимо провести обзор существующих методов изменения скорости обучения при использовании методов обучения первого порядка. Существует множество способов оптимизации, позволяющих значительно снизить вычислительную сложность обучения, однако они увеличивают время нахождения оптимального решения и, в некоторых случаях, могут расходиться. Следует отметить, что СО явно входит во многие методы оптимизации функции ошибки. Методы оптимизации функции ошибки:

1. Градиентный спуск:

$$\theta_t = \theta_{t-1} - \eta \cdot \nabla_{\theta} \quad (1)$$

где, θ – параметры сети; η – CO; ∇_{θ} – градиент параметров сети; t – номер эпохи обучения.

2. Стохастический градиентный спуск:

$$\theta_t = \theta_{t-1} - \eta \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \nabla_{\theta}^i \quad (2)$$

где, i – случайно выбранный образец из обучающей выборки; N – количество обучающих образцов в выборке.

3. Momentum (может применяться как к обычному, так и к стохастическому градиентному спуску):

$$u_t = \gamma u_{t-1} + \eta \cdot \nabla_{\theta}; \theta_t = \theta_{t-1} - u_t \quad (3)$$

где, γ – постоянная затухания.

4. Adagrad:

$$g_t = \nabla_{\theta}; \theta_t = \theta_{t-1} - \frac{\eta}{\sqrt{G + \epsilon}} \otimes g_t \quad (4)$$

где, G – диагональная матрица, определяемая как $\sum \theta^2$ по всем предыдущим эпохам; ϵ – коэффициент регуляризации; \otimes – поэлементное перемножение матриц.

5. RMSprop:

$$E_t = \beta E_{t-1} + (1 - \beta) g_t^2; \theta_t = \theta_{t-1} - \frac{\eta}{\sqrt{E_t + \epsilon}} \otimes g_t \quad (5)$$

где, E – накопительная переменная, содержащая квадраты предыдущих градиентов; β – коэффициент усреднения.

6. Adam [5]:

$$m_t = \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t; v_t = \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t; \\ m_t = \frac{m_t}{1 - \beta_1}; v_t = \frac{v_t}{1 - \beta_2}; \theta_t = \theta_{t-1} - \frac{\eta}{\sqrt{m_t + \epsilon}} \otimes v_t \quad (6)$$

где, m – накопительная переменная, содержащая градиенты; v – накопительная переменная, содержащая квадраты градиентов; m , \hat{v} – нормированные значения накопительных переменных.

Для относительно неглубоких ИНС целесообразно использовать методы оптимизации второго порядка. Наиболее распространенным методом является метод Левенберга-Марквардта [6]. Применение данного метода основано на использовании производных второго порядка, которые указывают направление глобального минимума. В данной статье не рассматривался, так как имеет большие вычислительные затраты (расчёт гессиана и якобиана). Более того, при увеличении количества параметров модели вероятность попасть в локальный минимум стремиться к нулю. Это следует из определения локального минимума, которое подразумевает увеличение функции ошибки во всех направлениях гиперпространства ошибки. Если распределение функции ошибки близко к нормальному, то вероятность попадания в локальный минимум стремиться к 0 (определение n несовместных событий вычисляется как $\prod P$).

Существуют два вида CO: статическая и динамически изменяемая. На рисунке 1 представлена схема классификации CO.

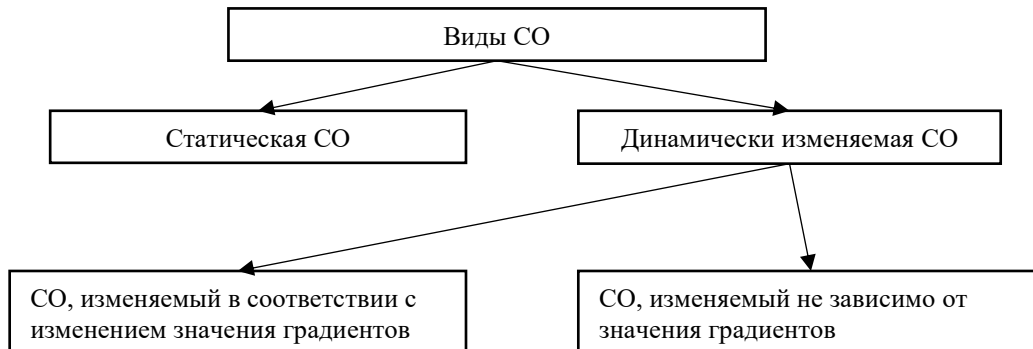


Рис. 1 – Классификация CO

Статическая CO определяется как константа и не меняется на протяжении всего времени обучения. Преимуществом подобного подхода является простота вычислений и малый объем занимаемой памяти. Однако при таком подходе

достаточно трудно подобрать оптимальное значение СО, в связи, с чем время построения классификатора значительно возрастает. Динамический подход подразумевает коррекцию СО на каждой эпохе обучения. Наиболее интересным, с точки зрения автоматизации подбора параметров обучения, является алгоритмический подход к изменению СО [7]. Для его использования необходимы вычислительные ресурсы, а также память, однако он сводит настройку СО к заданию начальных приближений.

В настоящее время выделяются 4 основных подхода к динамическому изменению СО.

1. Линейное уменьшение СО заключается в построении линейного множества коэффициентов от 1 до 0, содержащего коэффициент для каждой эпохи обучения. Таким образом, чем более поздняя эпоха обучения, тем на меньший коэффициент умножается приращение параметров искусственной нейронной сети. Применяя данный вид динамического изменения СО необходимо учитывать, что на последней эпохе обучения коэффициент приращения параметров будет равен нулю, таким образом, необходимо выбирать на 1 эпоху обучения больше, чем изначально запланировано.

2. Экспоненциальное уменьшение СО представляет собой модификацию линейного уменьшения СО, множество коэффициентов выбирается исходя из обратного экспоненциального закона.

3. Косинусное изменение СО основывается на идее использования в качестве закона выбора коэффициентов функции косинуса. Подобный выбор объясняется предположением, что на каком-то этапе обучения возможно попадание в локальный минимум и появление эффекта «паралича сети» [4]. Для того что бы эффективно выходить из локальных минимумов СО циклично увеличивается и уменьшается.

4. Изменение СО при «параличе сети» основан на постоянном измерении некоторой заданной метрики (например, целевой функции ошибки) и при отсутствии ее изменения более T эпох происходит снижение скорости СО. Данный способ является идейно противоположным косинусному изменению СО, так как при попадании в локальный минимум скорость не уменьшается, а увеличивается.

Рассмотрим используемые в работе параметры для каждого из шагов. Первоначальная инициализация является важной операцией, так как позволяет уменьшить вероятность возникновения таких проблем как «исчезновение градиентов» (vanishing gradient problem) для нейронов с нелинейной активацией и «смерть выпрямленных линейных функций» (dying ReLU), для нейронов с кусочно-линейной активацией [3]. Существует различные методы инициализации [3], [4]. В данной работе для первоначальной инициализации использовался метод Хи с нормальным распределением, в связи с его эффективностью в задачах классификации изображений [8]. Начальное значение генератора случайных чисел для генерации нормального распределения было фиксировано, для повторяемости формы распределения в каждой сессии обучения сверточных нейронной сети.

Значительное влияние на скорость обучения и точность классификатора оказывает выбор функции ошибки. Для бинарной классификации используется функция среднеквадратичной ошибки:

$$Q(w) = -\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y_n - \hat{y}_n)^2 \quad (7)$$

где $Q(w)$ – функция ошибки; W – веса нейронов; N – количество образцов; y_n – истинный класс n -го образца; \hat{y}_n – предсказанный классификатором класс n -го образца; a – матрица функций активации; X – обучающая выборка.

Функция ошибки, используемая для многоклассовой классификации, называемая перекрестная энтропия между классами, определяется следующим образом:

$$Q(w) = -\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left[y_n \log y_n + (1 - y_n) \log (1 - y_n) \right] \quad (8)$$

В работе рассматриваются алгоритмы оптимизации для моделей различных архитектур ИНС одного класса. Следует отметить, что алгоритмы RMSprop и Adam в своей сути используют метод взвешенного экспоненциального среднего, что подразумевает задание соответствующего окна усреднения. Для оценки размера окна усреднения используется следующая формула:

$$L = \frac{1}{1 - \beta} \quad (9)$$

где L – размер окна усреднения; β – параметр усреднения RMSprop или Adam. Таким образом, для рекомендуемых значений [4] градиенты усредняются на 10 и 1000 эпох. Для корректного сравнения эффективности алгоритмов целесообразно использовать число эпох значительно превосходящие размеры данных окон.

Основные результаты

В работе были использованы два различных набора данных: ирисы Фишера [9] и MNIST [10]. Для каждого из 3 способов изменения СО была проведена серия экспериментов (по 10 обучений с различных начальных инициализаций весов для каждой архитектуры, экспоненциальный способ не рассматривался, так как он не отличался от линейного), вопрос регуляризации сетей не рассматривался, использовался метод выбрасывания, метод нормализации мини-пакетов не применялся. В таблице 1 приведены исследуемые архитектуры ИНС, полученные алгоритмами выбора количества нейронов, предложенными авторами в [1], [2].

Таблица 1 – Исследуемые архитектуры ИНС

Архитектура	Количество параметров на задаче MNIST	Количество параметров на задаче Iris
Базовая	106506	11072
1 шаг алгоритма выбора	48928	3114
2 шаг алгоритма выбора	21404	787
3 шаг алгоритма выбора	7740	242
4 шаг алгоритма выбора	2860	92

Все вычисления происходили в одном окружении (как программном, так и аппаратном) для корректности сравнения результатов. В сессии экспериментов была зафиксирована метрика AUC, измерялось время обучения, необходимое ИНС для достижения значения данной метрики. Параметры обучения: количество объектов в мини-пакете, начальная СО были зафиксированы.

В качестве критерия выбора эффективности обучения выступало количество эпох, необходимых для достижения фиксированной метрики ROC AUC [4], которая была предварительно получена для всех архитектур, без применения дополнительного изменения СО. Данная базовая метрика составляет от 0,96 до 0,998 во всех задачах. Базовые классификаторы обучались 5000 и 1000 соответственно для задач Iris и MNIST.

Обсуждение

На рисунке 2 приведены графики обучения (по метрике AUC), усредненные по всем архитектурам.

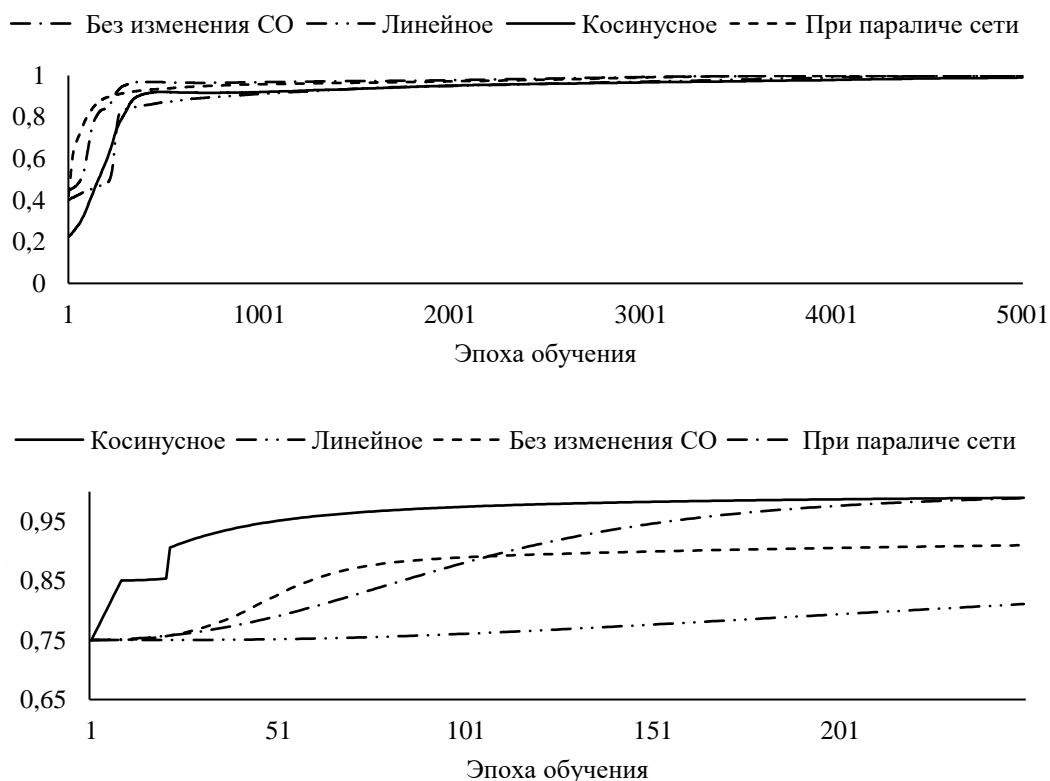


Рис. 2 – Графики истории обучения для метрики ROC AUC:

а – для задачи Iris; б – для задачи MNIST

Из рисунка 2 видно, что для относительно простых задач (Iris) способ изменения СО не дает значительных изменений скорости обучения. Однако, для более сложных задач (MNIST) наиболее предпочтительным является косинусный способ изменения СО. В таблице 2 приведены среднее по серии время обучения для каждой архитектуры.

Таблица 2 – Среднее по серии время обучения для каждой архитектуры

Метод изменения СО	Среднее количество эпох обучения (MNIST)	Среднее количество эпох обучения (Iris)
Без дополнительного изменения СО	1000	4600
Линейное уменьшение СО	550	4600
Косинусное изменение СО	150	4800
Изменение СО при «параличе сети»	250	4800

Заключение

В работе рассмотрены основные способы изменения СО, проанализированы результаты из применения в двух различных задачах классификации. Общие рекомендации заключаются в следующем:

– при простых архитектурах и задачах (низкой размерности входного пространства) нет необходимости использовать дополнительные способы изменения СО, достаточно стандартных оптимизаторов, с другой стороны, при сложных задачах и больших архитектурах предпочтительно использование косинусного изменения СО;

– при использовании глубоких сверточных сетей и высокой размерности входного пространства целесообразно использовать косинусное изменение СО, позволяющее избегать возникновения паралича сети при попадании в локальные минимумы;

– использование иных методов изменения СО целесообразно при достаточно большом бюджете времени на обучение, для более тонкой настройки параметров (весов) искусственной нейронной сети.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Толстых А.А. Оценка гиперпараметров сверточных нейронных сетей для классификации объектов / А.А. Толстых, А.Н. Голубинский // Автоматизация в промышленности. 2021. – № 10. – С. 49–53.
2. Толстых А.А. Алгоритм выбора архитектуры полносвязной сети в задачах распознавания изображений на основе сверточных нейронных сетей / А.А. Толстых, А.Н. Голубинский // Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения А.С. Попова: в 6-ти томах / Воронежский государственный университет, АО «Концерн "Созвездие"». – 2019. – С. 156–163.
3. Хайкин С. Нейронные сети Полный курс. 2-е изд. / С. Хайкин. – Москва : Вильямс, 2006. – 1104 с.
4. Гудфеллоу Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. – Москва : ДМК Пресс, 2017. – 652 с.
5. Кигма Д.П. Адам: Метод стохастической оптимизации / Д.П. Кигма, Дж. Ба, П. Диедрик // 3 Международная конференция обучения представлений, 2015. – С. 1–15.
6. Вильямовский Б.М. Повышение эффективности обучения методом Левенберга-Марквардта / Б.М. Вильямовский, Х. Ю // Институт инженеров электротехники и электроники Транзакции в нейронных сетях, 2010. – Т. 21. – № 6. – С. 930–937.
7. Левковитц А. Фаза глубокого обучения с большой скоростью обучения: механизм катапульты / А. Левковитц, Ю. Бахри, Е. Дир и др. // Репозиторий компьютерных исследований, 2020. – Т. abs/ 2003.02218 – С. 1–25.
8. Хаган М. Разработка нейронных сетей / М. Хаган, Х. Демут, М. Бил. – Боулдер : Кампус Паб. Сервис, Книжный магазин университета Колорадо, 2002. – 736 с.
9. Бишоп М. Распознавание образов и машинное обучение / М. Бишоп. – Спрингер, 2006. – 738 с.
10. Домашняя страница Яна ЛеКуна // База данных рукописных цифр MNIST, Янн ЛеКун, Коринна Кортес и Крис Берддес: [Электронный ресурс]. URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (дата обращения: 22.05.2022).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tolstykh A.A. Ocenka giperparametrov svertochnykh nejronnykh setej dlya klassifikacii ob'ektov [Evaluation of hyperparameters of convolutional neural networks for object classification] / A.A. Tolstykh, A.N. Golubinsky // Avtomatizacija v promyshlennosti [Automation in industry]. – 2021. – № 10. – P. 49–53. [in Russian]
2. Tolstykh A.A. Algoritm vybora arhitektury polosovyaznoj seti v zadachah raspoznavaniya izobrazhenij na osnove svertochnykh nejronnykh setej [Algorithm for choosing the architecture of a fully connected network in image recognition tasks based on convolutional neural networks] / A.A. Tolstykh, A.N. Golubinsky // Radiolokaciya, navigaciya, svyaz'. Sbornik trudov XXV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj 160-letiyu so dnya rozhdeniya A.S. Popova: v 6-ti tomah [Radar, navigation, communication. Proceedings of the XXV International Scientific and Technical Conference dedicated to the 160th anniversary of the birth of A.S. Popov: in 6 volumes]. Voronezh State University, JSC Concern «Sozvezdie». – 2019. – P. 156–163. [in Russian]
3. Haikin S. Nejronnye seti Polnyj kurs. 2-e izd. [Neural Networks. A Comprehensive Foundation. 2nd ed]. / S. Haikin. – Moscow : Williams Publishing House, 2006. – 1104 p. [in Russian]
4. Goodfellow I. Deep learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Moscow : DMK Press, 2017. – 652 p. [in Russian]
5. Kigma D.P. Adam: Metod stohasticheskoj optimizacii [Adam: Stochastic optimization method] / D.P. Kigma, J. Ba, P. Diederik // 3 Mezhdunarodnaja konferencija obuchenija predstavlenij [3rd International Conference of Teaching Representations], 2015. – P. 1–15. [in Russian]
6. Vilyamovsky B.M. Povyshenie effektivnosti obucheniya metodom Levenberga-Markvardta [Improving the effectiveness of learning by the Levenberg-Marquardt method] / B.M. Vilyamovsky, H. Yu // Institut inzhenerov elektrotekhniki i elektroniki Tranzakcii v nejronnykh setyah [Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions in Neural Networks]. – 2010. – Vol. 21. – № 6. – P. 930–937. [in Russian]
7. Levkovitz A. Faza glubokogo obucheniya s bol'shoj skorost'ju obucheniya: mehanizm katapul'ty [The phase of deep learning with high learning speed: the mechanism of the catapult] / A. Levkovitz, Y. Bahri, E. Dier et al. // Repozitorij komp'yuternykh issledovanij [Repository of Computer Research]. – 2020. – T. abs/ 2003.02218 – P. 1–25. [in Russian]
8. Hagan M. Razrabotka nejronnykh setej [Development of neural networks] / M. Hagan, H. Demuth, M. Beal. – Boulder : Campus Pub. Service, University of Colorado Bookstore, 2002. – 736 p. [in Russian]
9. Bishop M. Raspoznavanie obrazov i mashinnoe obuchenie [Pattern recognition and machine learning] / M. Bishop. – Springer, 2006. – 738 p. [in Russian]
10. Domashnjaja stranica Jana LeKuna [Home page of Jan LeCun] // Baza dannyh rukopisnykh cifr MNIST, Jann LeKun, Korinna Kortez i Kris Berdzhes [Database of handwritten numbers MNIST, Yann LeCun, Corinna Cortez and Chris Burgess]. [Electronic resource]. URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (accessed: 05/22/2022). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.014>**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОТТОКА КЛИЕНТОВ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ КОМПАНИИ**

Научная статья

Камалходжаева Н.¹, Шиков А.Н.^{2,*}² ORCID: 0000-0002-9942-0907;¹⁻² Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (shik-off[at]mail.ru)

Аннотация

Отток клиентов является серьезной проблемой, которая оказывает влияние на бизнес, основанный на взаимоотношениях с клиентами, в том числе на высоко конкурентный и быстро растущий телекоммуникационный сектор. Эта область является предметом повышенного интереса как со стороны сотрудников-аналитиков компаний, так и со стороны представителей практикующих специалистов, заинтересованных в прогнозировании поведения клиентов с целью выявления оттока клиентов. Актуальность исследования определяется необходимостью телекоммуникационных компаний в удержании существующих клиентов в сочетании с высокими затратами на приобретение новых. Анализ показал нехватку эффективных подходов к прогнозированию оттока клиентов в телекоммуникационном секторе. В представленном исследовании предлагается оптимальное решение для прогнозирования оттока клиентов в телекоммуникационном секторе, путем сравнения наиболее подходящих для построения прогнозов современных методов машинного обучения. Для оценки эффективности предложенных методов применяются метрики качества: точность, auc, precision, recall и f1-score.

Ключевые слова: отток клиентов, телекоммуникационная компания, машинное обучение, модели прогнозирования, метрики качества.

**RESEARCH AND ANALYSIS OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTING CUSTOMER
CHURN IN A TELECOMMUNICATIONS COMPANY**

Research article

Kamalkhodzhaeva N.¹, Shikov A.N.^{2,*}² ORCID: 0000-0002-9942-0907;¹⁻² ITMO University, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (shik-off[at]mail.ru)

Abstract

Customer churn is a serious problem that has an impact on business based on customer relations, including the highly competitive and rapidly growing telecommunications sector. This sphere is the subject of increased interest both on the part of employees-analysts of companies, and on the part of practitioners' representatives interested in predicting customer behavior in order to identify customer churn. The relevance of the study is due to the need of telecommunications companies to retain existing customers, as well as high costs of acquiring new ones. The analysis showed a lack of effective approaches to forecasting customer churn in the telecommunications sector. The presented study suggests an optimal solution for predicting customer churn in the telecommunications sector by comparing the most suitable modern machine learning methods for making forecasts. To evaluate the effectiveness of the proposed methods, quality metrics are used: accuracy, auc, precision, recall and f1-score.

Keywords: customer churn, telecommunications company, machine learning, forecasting models, quality metrics.

Введение

Телекоммуникационный сектор является одной из самых ведущих отраслей, приносящих доход, и жизненно важным источником социально-экономического роста для многих стран мира. Отток клиентов—одна из наиболее актуальных проблем современного и конкурентного телекоммуникационного сектора [1]. Поставщики услуг стали уделять больше внимания удержанию существующих клиентов, а не приобретению новых из-за связанных с этим высоких затрат [2].

Удержание существующих клиентов также приводит к повышению продаж и снижению затрат на маркетинг по сравнению с новыми клиентами. Эти факты привели к тому, что деятельность по прогнозированию оттока клиентов стала неотъемлемой частью процесса принятия стратегических решений и планирования в телекоммуникационном секторе.

Чтобы справиться с растущей проблемой оттока клиентов, данные, хранящиеся в базах данных компаний, можно преобразовать в полезную информацию, которая поможет распознать поведение оттока до того, как клиенты решат покинуть компанию; таким образом, повышается устойчивость клиентов [3].

Прогнозирование оттока было широко изучено в последнее десятилетие, особенно в следующих областях: банковский сектор, поставщики финансовых услуг, индустрия онлайн-игр, отдел кадров конкурентных организаций, рынок подписных услуг, страховые компании. Из приведенного анализа становится ясно, что отток клиентов, для различных организаций, является актуальной проблемой и имеет огромное значение для бизнеса. В то же время, прогнозирование оттока клиентов все чаще наблюдается и в телекоммуникационной отрасли по всему миру. В исследовании [4], представлен краткий обзор предыдущих исследований прогнозирования оттока клиентов в телекоммуникационной отрасли.

Методы и принципы исследования

Основная цель исследования — исследовать эффективность алгоритмов, применяемых для прогнозирования оттока клиентов и 11 основных моделей прогнозирования с целью выявления наиболее точного. На рисунке 1 представлена схема предлагаемого исследования оттока клиентов.

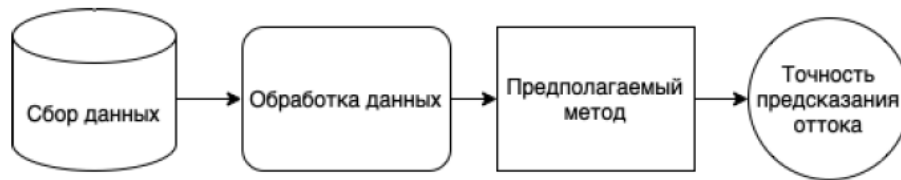


Рис. 1 – Порядок исследования оттока абонентов

Исследования проводились с использованием языка программирования Python, в облачной среде для работы с кодом Google Colab. Для работы с данными была использована библиотека pandas, для визуализации и анализа данных библиотеки matplotlib и seaborn, для предобработки данных, а также для обучения и тестирования алгоритмов применялась библиотека sklearn.

Набор данных в нашем датасете содержит 7043 записи о клиентах телекоммуникационной компании. Данные содержат демографическую информацию о клиентах, их подключенные услуги и платежи.

В ходе предварительной обработки данных были обнаружены пропуски в 11 данных, которые, в последствии были удалены, так же все категориальные столбцы были преобразованы в числовые с помощью метода one-hot-encoding.

Данные были разбиты на обучающие и тренировочные в соотношении 80/20 и обучены на 11 алгоритмах машинного обучения, наиболее подходящих для прогнозирования, выявленных в ходе анализа предметной области. Таким образом, были выбраны следующие модели: логистическая регрессия (Logistic Regression), метод опорных векторов (SVM), случайные леса (Random Forest), метод kNN, дерево решений (Decision Tree), наивный байесовский классификатор (Naïve Bayes Classifier), AdaBoost, нейронная сеть (Neural Network), градиентный бустинг (Gradient Boosting Classifier), XGBoost, ExtraTreesClassifier.

В ходе анализа, было обнаружено, что в данных присутствует дисбаланс данных, что приводит к неверной оценке алгоритмов прогнозирования. Дисбаланс классов в тренировочных данных значительный. На рисунке 2 представлены значения оттока в исследуемом датасете: метка 1–представляющая отток, содержит 1 869 записей, в то время как метка 0–означающая "не отток", содержит 5 163 записи. Модели должны учитывать это. Для устранения дисбаланса в обучающих данных можно применить технику недостаточной выборки.

```
print(f'До балансировки:\n{y.value_counts()}')
```

До балансировки:
0 5163
1 1869
Name: Churn, dtype: int64

Рис. 2 – Соотношение оттока и не оттока в данных

В таблице 1 представлены результаты (метрики качества) обученных и протестированных моделей для предсказания оттока клиентов до применения техники балансировки данных.

Таблица 1 – Метрики качества исследованных моделей (до балансировки)

Метод	accuracy, %	auc	precision	recall	F1-score
Логистическая регрессия	79,6	0,707	0,75	0,71	0,72
Метод опорных векторов	80,1	0,705	0,76	0,71	0,72
Случайные леса	79,18	0,682	0,73	0,68	0,70
Метод k-ближайших соседей	77,26	0,697	0,71	0,70	0,70
Дерево решений	71,79	0,651	0,65	0,65	0,65
Наивный Байесовский классификатор	74,84	0,752	0,71	0,75	0,72
AdaBoost	79,18	0,694	0,74	0,71	0,72
Искусственная нейронная сеть	79,1	0,709	0,74	0,71	0,72
Градиентный Бустинг	79,96	0,706	0,75	0,71	0,72
XGBoost	80,6	0,714	0,76	0,71	0,73
ExtraTreesClassifier	77,33	0,674	0,71	0,67	0,69

С целью повысить качество предсказания алгоритмов и решения проблемы дисбаланса, была применена техника SMOTE, в результате чего удалось нейтрализовать дисбаланс данных и повысить точность моделей [5].

```
from imblearn.over_sampling import SMOTE
import numpy as np
sm = SMOTE(random_state=12)
X_train_resample, y_train_resample = sm.fit_resample(X_encoded, y)
```

Рис. 3 – Применение техники SMOTE к данным

На рисунке 4 представлены значения оттока и не оттока в данных после балансировки.

```
print(f'После балансировки:\n{y_train_resample.value_counts()}')
```

После балансировки:
0 5163
1 5163
Name: Churn, dtype: int64

Рис. 4 – Соотношение оттока и не оттока в данных после балансировки данных техникой SMOTE

В таблице 2 представлены результаты обученных и протестированных моделей после применения техники балансировки данных.

Таблица 2 – Метрики качества исследованных моделей (после балансировки)

Метод	accuracy, %	auc	precision	recall	f-score
Логистическая регрессия	80,78	0,808	0,81	0,81	0,81
Метод опорных векторов	80,78	0,808	0,81	0,81	0,81
Случайные леса	83,69	0,84	0,84	0,84	0,84
Метод k-ближайших соседей	79,14	0,792	0,79	0,79	0,79
Дерево решений	81,22	0,812	0,81	0,81	0,81
Наивный Байесовский классификатор	77,3	0,774	0,77	0,77	0,77
AdaBoost	82,04	0,82	0,82	0,82	0,82
Искусственная нейронная сеть	82,38	0,823	0,83	0,82	0,82
Градиентный Бустинг	83,45	0,835	0,83	0,83	0,83
XGBoost	83,3	0,833	0,83	0,83	0,83
ExtraTreesClassifier	83,25	0,832	0,83	0,83	0,83

Сравнение современных алгоритмов прогнозирования до и после балансировки данных приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение современных алгоритмов прогнозирования до и после балансировки

Метод	До балансировки, %	После балансировки, %
Логистическая регрессия	79,6	80,78
Метод опорных векторов	80,1	80,78
Случайные леса	79,18	83,69
Метод k-ближайших соседей	77,26	79,14
Дерево решений	71,79	81,22
Наивный Байесовский классификатор	74,84	77,3
AdaBoost	79,18	82,04
Искусственная нейронная сеть	79,1	82,38
Градиентный Бустинг	79,96	83,45
XGBoost	80,6	83,3
ExtraTreesClassifier	77,33	83,25

В результате проведения экспериментов до балансировки данных, наилучшие результаты показала модель XGBoost с точностью предсказания 80.6%. XGBoost является моделью медленного обучения, основанная на концепции бустинга.

В результате исследования, наиболее эффективными моделями являются алгоритм случайного леса (RandomForest: 83.69%), градиентный бустинг (GradientBoostingClassifier: 83.45%) и XGBoost (XGB: 83.3%). Алгоритмы ExtraTreesClassifier и Neural Network показали хорошие результаты: 83.25% и 82.38%. Алгоритм AdaBoost показал средние результаты: 82.04%. Различия между показателями AUC и точности в среднем не столь значительны. Алгоритм дерева решений (Decision Tree) превосходит по производительности логистическую регрессию и метод опорных векторов на 0.44%. Метод опорных векторов (SVM) и логистическая регрессия (LR) показали одинаково средний результат: 80.78%. Метод k-ближайших соседей (KNN) не так часто встречается в литературе и не показывает столь высоких результатов: 79.14%. Наивный байесовский классификатор показал самый низкий результат – 77.3% из всех протестированных алгоритмов.

Актуальность темы и во многом результаты настоящего исследования коррелируют с опубликованными материалами других ученых по вопросам прогнозирования оттока клиентов [6], [8], [9], [10].

Согласно результатам данного исследования, наиболее подходящим методом, который можно было бы предложить, является алгоритм случайного леса и градиентный бустинг. Из протестированных моделей XGBoost показал наилучшие результаты на несбалансированных наборах данных и после балансировки данных.

Заключение

Отток – неизбежная проблема в телекоммуникационной отрасли. В любом случае, как бы это ни было проблематично, распознать причины оттока абонентов можно с помощью нескольких методик. Прогнозирование играет важную роль в определении оттока клиентов. В данной исследовательской работе для телекоммуникационных компаний были предложены 11 моделей прогнозирования оттока клиентов с целью выявления наиболее оптимального и более точного алгоритма.

Для оценки результатов предложенного подхода применяется сравнительное исследование и метрики качества: точность, *auc*, *precision*, *recall* и *f1-score*. Поскольку набор данных был несбалансированным и отток составлял 27% среди клиентов, была применена техника SMOTE для балансировки данных, с целью повышения точности предсказаний алгоритмов. По результатам исследования был проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Представленное исследование относится к конкретному набору данных, использованному для данного исследования и результаты могут отличаться от результатов использования других наборов данных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Hadden J. Computer assisted customer churn management: state-of-the-art and future trends / J. Hadden, A. Tiwari, R. Roy et al. // *Comput. Oper. Res.* – 2007. – № 34(10). – P. 2902–2917.
2. Amin A A prudent based approach for customer churn prediction / A. Amin, R. Faisal, R. Muhammad et al. // 11th International Conference, BDAS 2015, Ustroń, Poland. – 2015. – P. 320–332.
3. Пономарёв А.А. Варианты использования больших данных в телекоммуникационном бизнесе / А.А. Пономарёв. – 2015.
4. Камалходжаева Н. Анализ применения алгоритмов машинного обучения для прогнозирования оттока клиентов в телекоммуникационных компаниях / Н. Камалходжаева, А.Н. Шиков // Сборник статей XXII Международной научно-практической конференции «Современные научные исследования: Актуальные вопросы, достижения и инновации» г. Пенза 10 декабря 2021 года. в 2 частях Ч. 1. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение». – 2021. – С. 138–142.
5. Мальчиц В.С. Обработка данных для машинного обучения и применение метода опорных векторов для реализации классификатора новостей / В.С. Мальчиц, А.Н. Гетман // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2019. – № 87. – С. 8–13.
6. Грищенко Д.А. Анализ методов моделирования и прогнозирования оттока клиентов / Д.А. Грищенко, А.В. Катаев // Вестник науки и образования. – 2018. – № 5(41). – С. 21–23.
7. Ланкевич К. Oss комплекс как инструмент контроля лояльности клиентов оператора связи / К. Ланкевич, Н. Хабаев, М. Скоринов // *T-Comm.* – 2016. – № 5. – С. 36–40.
8. Мхитарян С.В. Управление оттоком клиентов в условиях цифровой экономики / С.В. Мхитарян, Т.А. Тультаев, И.В. Тультаева и др. // *КЭ.* – 2018. – № 10. – С. 1661–1672.
9. Пономарёв А.А. Варианты использования больших данных в телекоммуникационном бизнесе / А.А. Пономарёв // Компьютерные инструменты в образовании. – 2015. – С. 3–8.
10. Токанов О.С. Big data в телекоммуникационном бизнесе / О.С. Токанов // Наука и образование сегодня. – 2018. – №7 (30). – С.25–28.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Hadden J. Computer assisted customer churn management: state-of-the-art and future trends / J. Hadden, A. Tiwari, R. Roy et al. // *Comput. Oper. Res.* – 2007. – № 34(10). – P. 2902–2917.
2. Amin A A prudent based approach for customer churn prediction / A. Amin, R. Faisal, R. Muhammad et al. // 11th International Conference, BDAS 2015, Ustroń, Poland. – 2015. – P. 320–332.
3. Ponomarjov A.A. Varianty ispol'zovaniya bol'shih dannyh v telekommunikacionnom biznese [Options for using big data in telecommunications business] / A.A. Ponomarjov. – 2015. [in Russian]
4. Kamalhodzhaeva N. Analiz primeneniya algoritmov mashinnogo obuchenija dlja prognozirovaniya ottoka klientov v telekommunikacionnyh kompanijah [Analysis of the application of machine learning algorithms to predict customer churn in telecommunications companies] / N. Kamalhodzhaeva, A.N. Shikov // Sbornik statej XXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Sovremennye nauchnye issledovaniya: Aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovacii» g. Penza 10 dekabrja 2021 goda. v 2 chastjah Ch. 1. [Proceedings of XXII International Scientific and Practical Conference "Modern scientific research: Current issues, achievements and innovations" Penza December 10, 2021. in 2 parts Part 1. – Penza: ICSU «Science and Education»] – Penza : MCNS «Nauka i Prosveshhenie». – 2021. – P. 138–142. [in Russian]
5. Mal'chic V.S. Obrabotka dannyh dlja mashinnogo obuchenija i primenenie metoda opornyh vektorov dlja realizacii klassifikatora novostej [Getman A.N. Data processing for machine learning and the use of the support vector machine for the implementation of the classifier of news] / V.S. Mal'chic, A.N. Getman // Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye i jekonomicheskie nauki [Bulletin of the Amur State University. Series: Natural and Economic Sciences]. – 2019. – № 87. – P. 8–13. [in Russian]
6. Grishhenko D.A. Analiz metodov modelirovaniya i prognozirovaniya ottoka klientov [Kataev A.V. Analysis of methods of modeling and forecasting customer outflow] / D.A. Grishhenko, A.V. Kataev // Vestnik nauki i obrazovaniya [Bulletin of Science and Education]. – 2018. – № 5(41). – P. 21–23. [in Russian]
7. Lankevich K. Oss kompleks kak instrument kontrolja lojal'nosti klientov operatora svjazi [Oss complex as a tool for controlling customer loyalty of a telecom operator] / K. Lankevich, N. Habae, M. Skorinov // *T-Comm.* – 2016. – № 5. – P. 36–40. [in Russian]
8. Mhitarjan S.V. Upravlenie ottokom klientov v uslovijah cifrovoj jekonomiki [Managing customer outflow in the digital economy] / S.V. Mhitarjan, T.A. Tul'taev, I.V. Tul'taeva et al. // *KJe.* – 2018. – № 10. – P. 1661–1672. [in Russian]
9. Ponomarjov A.A. Varianty ispol'zovaniya bol'shih dannyh v telekommunikacionnom biznese [Options for using big data in telecommunications business] / A.A. Ponomarjov // Komp'juternye instrumenty v obrazovanii [Computer tools in education]. – 2015. – P. 3–8. [in Russian]
10. Tokanov O.S. Big data v telekommunikacionnom biznese [Big data in telecommunications business] / O.S. Tokanov // Nauka i obrazovanie segodnja [Science and education today]. – 2018. – №7 (30). – P.25–28. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.015>**ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

Научная статья

Турбал Е.Ю.^{1,*}, Шифрин Б.М.², Попова Д.А.³¹ ORCID: 0000-0003-2640-046X;² ORCID: 0000-0001-5377-741X;¹⁻³ Санкт-Петербургский Государственный Лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (dd2212-vs[at]yandex.ru)

Аннотация

В данной статье рассмотрен вопрос преимущества модели сушки пиломатериалов на основе нечеткой логики, её возможность и разработка по отношению к сушке, основанной на управлении ПИД-регуляторами. Рассмотрен принцип работы сушильной камеры, основанной на модели нечеткой логики. Также даны объяснения по разработке данной модели основанной на принципе черного ящика. Приведены примеры используемых правил, а также их составление.

В статье проведено исследование входных факторов, влияющих на процесс сушки пиломатериалов в сушильной камере периодического действия. Составлена классификация входных и выходных параметров. По взаимоотношениям параметров составлен свод правил, который будет использован для создания алгоритмов нечеткой логики. Рассмотрена возможность модификации сушильной камеры EcoWood 50.

Ключевые слова: сушка пиломатериалов, нечеткая логика, процесс сушки.

AN APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A MODEL OF TIMBER DRYING BASED ON FUZZY LOGIC

Research article

Turbal E.Yu.¹, Shifrin B.M.², Popova D.A.³¹ ORCID: 0000-0003-2640-046X;² ORCID: 0000-0001-5377-741X;¹⁻³ Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (dd2212-vs[at]yandex.ru)

Abstract

This article discusses the advantages of the model of timber drying based on fuzzy logic, its possibility and development in relation to drying based on the control of PID controllers. The principle of operation of the drying chamber based on the fuzzy logic model is examined. Explanations are also given for the development of this model based on the black box principle. Examples of the rules used are given, as well as their compilation.

The article researches the input factors affecting the timber drying process in the drying chamber of batch action. A classification of input and output parameters has been compiled. According to the connection of the parameters, a set of rules has been compiled, which will be used to create fuzzy logic algorithms. The possibility of modification of the EcoWood 50 drying chamber is considered.

Keywords: timber drying fuzzy logic, drying process.

Введение

Актуальность статьи заключается в возможном повышении эффективности процессов сушки пиломатериалов за счет учета и формализации неопределенных факторов.

Одним из этапов в обработки древесины является сушка. Благодаря которой можно использовать древесину, не переживая за ее физико-механические свойства, так как при сушке они значительно улучшаются [1]. Также стоит отметить и улучшение сроков хранения высушенной древесины.

В настоящее время деревообрабатывающая отрасль РФ находится в упадке из-за наложенных запретов на экспорт необработанной древесины, политических и экономических проблем, трудностями логистики, а также устаревшими нормативными документами, поэтому стоит обратить большое внимание на отечественное оборудование и развивать данную отрасль, так как у нее имеется большой потенциал при правильном использовании.

Сушильная камера EcoWood 50

В качестве объекта автоматизации предполагается использовать сушильную камеру периодического действия EcoWood 50. Данная камера была выбрана так как имеет хорошие теплоизоляционные свойства, невысокую цену по сравнению с другими производителями, а также производится в Российской Федерации компанией EcoWood. Еще одним плюсом камеры является её полностью алюминиевый каркас и обшивка, что делает камеру более стойкой к коррозии. Сушильная камера имеет толщину стен 165 мм в которую входит теплоизоляция 150 мм, и алюминиевые листы толщиной 1 мм с наружной и внутренней стороны ограждающей конструкции.

Одним из важных факторов при сушке пиломатериалов который следует иметь ввиду это: если камера не может создать нужную температуру сушки, то её можно уменьшить, но оставив при этом точно такую же разность температур на входе и выходе из штабеля. К примеру, если режим сушки предусматривает температуру 100 °С и разность температур 10, но камера не способна создать такую температуру, то можно уменьшить температуру до 80 °С, но важно создать разность температур 10.

ПИД-регулирование и его недостатки

Классическим алгоритмом управления считается ПИД-регулирование (ПИД – пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор). Пример такого управления сушильной камерой приведен на рис. 1.

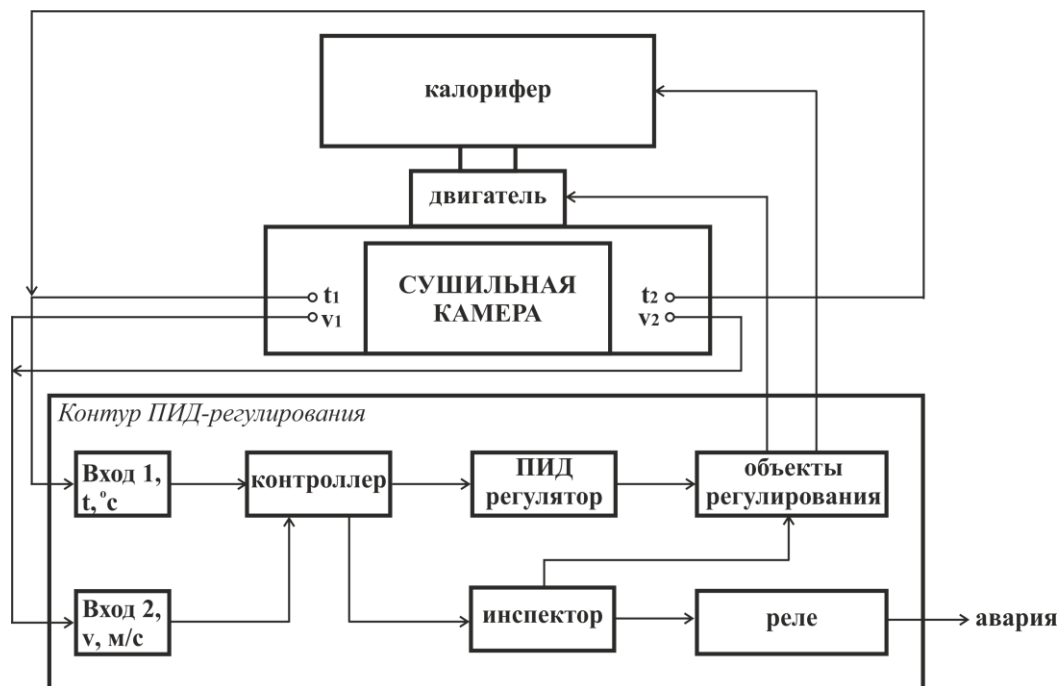


Рис. 1 – Принцип работы сушильной камеры, использующей ПИД-регулирование

В начале и конце сушильной камеры устанавливаются датчики температуры и скорости. Показания с датчиков передаются на контроллер и далее с него на ПИД-регулятор, который производит расчеты. Затем расчеты передаются на объект регулирования, который сообщает двигателю о необходимости изменения/не изменения его оборотов или нагревания/охлаждения калорифера. Также контроллер следит за показателями датчиков и в случае выявления критических параметров сигнализирует об аварийной остановке, а далее производит какие-либо манипуляции с объектами регулирования, либо оператор принимает решения о ходе процесса сушки.

Большая эффективность сушильной камеры, использующей алгоритмы вывода на нечеткой логике, связана с возможностью самостоятельного регулирования, отслеживания и других действий, связанных с процессом сушки. ПИД-регуляторы по сравнению с нечеткой логикой имеют малую точность и некоторое запаздывание в отображении показателей. Длительность переходного процесса, статистическая ошибка и максимальное отклонение в процессе, – все эти недостатки ПИД-регуляторов можно свести к минимуму при замене на алгоритмы нечеткой логики с базой знаний, с помощью которой камера сможет более быстро принимать решения и приводить их в действия. Также, можно заменить зарубежные составляющие на отечественные, например, терморезисторы или датчики влажности [2]. Помимо этого, в систему нечеткой логики можно добавить решения, принимаемые оператором о приостановке, продолжении или завершении процесса сушки, что в дальнейшем позволит ей совершенствоваться. Для таких решений опрашиваются эксперты и составляются правила.

Входные и выходные параметры

Для создания правил используется принцип, схожий с методом чёрного ящика: входные параметры, зависящие друг от друга; выходные параметры; влияние окружающей среды.

Входные параметры: разность температур в начале и конце штабеля, температура в сушильной камере, влажность в сушильной камере, скорость потока воздуха в штабеле, порода, начальная влажность древесины [3], [4], [5], [6].

Разность температур не будет разделена на промежутки, так как изменение разности температур более чем на 1-2°C имеет большое влияние на процесс сушки.

Температура в сушильной камере: разделена на 6 промежутков. Низкая ниже 50°C, ниже нормы 50 – 60°C, нормальная 60 – 80°C, выше нормы 80 – 100°C, высокая 100 – 140 °C, опасная 140 °C и выше.

Влажность в сушильной камере: 0 – 80%.

Скорость потока воздуха: имеет один промежуток 0 – 4 м/с, так как по режиму сушки необходима скорость не более 4 м/с. Будет задаваться оборотами вентиляторов, и отслеживаться датчиками скорости потока воздуха.

Порода: ель, сосна, береза. Выбирается оператором из предложенного списка.

Начальная влажность: стандартная – от 30%, низкая 20 – 30%, сухая до 20%, вносится оператором.

Выходные параметры: время сушки, скорость потока, температура.

Также необходимо предусмотреть экстренное отключение вентиляторов и прекращение подачи тепла в сушильную камеру при возгорании или превышении температуры отметки в 140 °C.

В дальнейшем возможно расширение базы знаний за счет дополнения других пород, более детального подхода к расчетам времени сушки и включению расчетных коэффициентов, влияющих на общее время сушки, добавление времени прогрева и температуры используемой во время прогрева, а также погодные условия и другие менее значительные факторы которые тем или иным образом влияют на процесс сушки.

Используемые правила

Пример составленных правил используемых на данном этапе исследований.

ЕСЛИ порода сосна, толщина примерно 32 мм, влажность древесины более 30%, температура сушки около 75 °C, разность температур 5, скорость потока 2 м/с, исходное время сушки 68 часов, ТО минимальное время сушки примерно 37 часов.

ЕСЛИ порода береза, толщина примерно 53 мм, влажность древесины более 30%, температура сушки около 57 °С, разность температур 3, скорость потока 3 м/с, исходное время сушки 130 часов, ТО минимальное время сушки примерно 83 часа.

Далее будет составлено множество правил, зависящих друг от друга, они все будут составляться одно с несколькими, пока вариации входных и выходных параметров не закончатся. К примеру, с породой сосна, будут вариации по толщине 25, 32, 50 мм и т.д., от выбранной толщины будут вариации по температуре сушки, 60, 65, 70 °С и т.д., затем будут вариации со скоростью воздушного потока, 2 или 3 м/с, со временем сушки и т.д.

Также вносятся правила, являющиеся критическими, предусматривающие экстренное отключение вентиляторов и прекращение подачи тепла в сушильную камеру при возгорании или превышении температуры.

Пример управления сушильной камерой на основе нечеткой логики приведен на рис. 2.

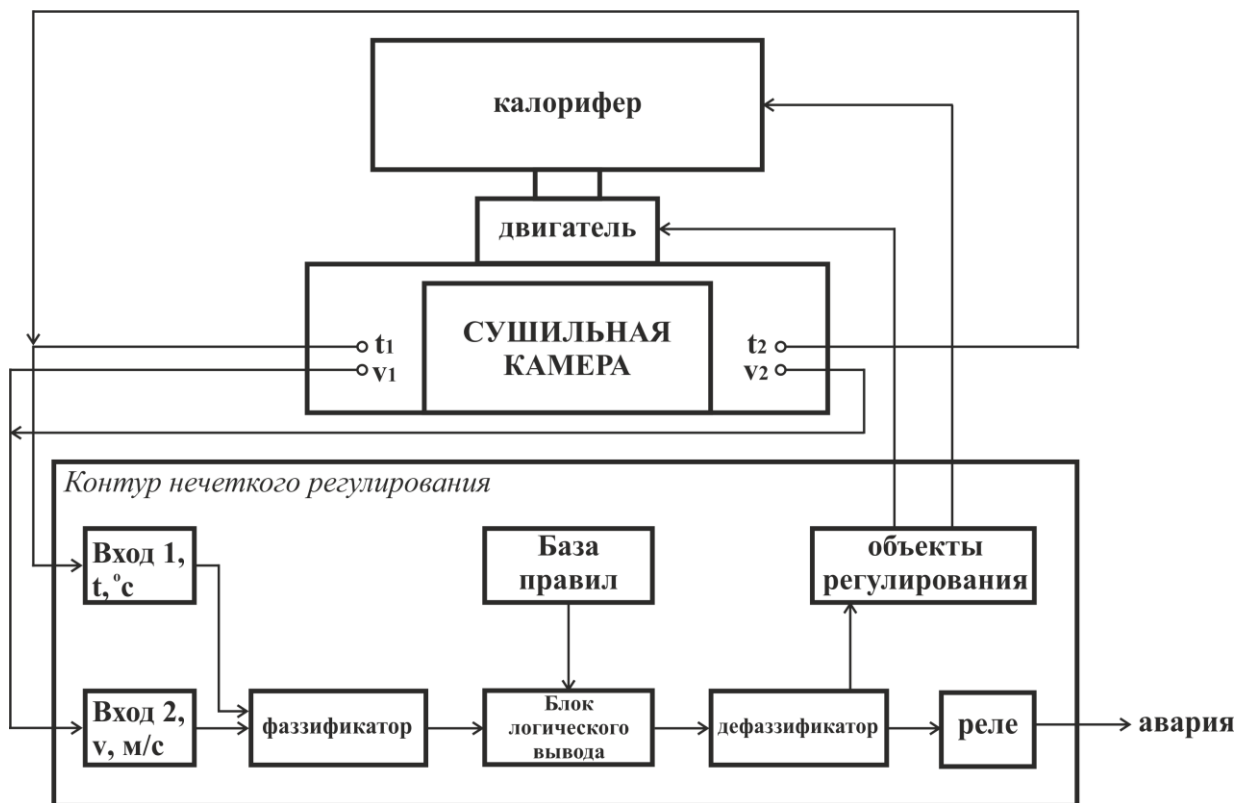


Рис. 2 – Принцип работы сушильной камеры, использующей нечеткую логику

Датчики в сушильной камере, использующей нечеткую логику, устанавливаются аналогично. Данные передаются на фаззификатор и блок логического вывода, далее они сопоставляются с правилами, записанными в базе, и затем принимается решение о ходе процесса сушки, объектами регулирования которой является двигатель вентилятора и калорифер [7], [8]. Допустим в данный момент времени в сушильной камере температура 82 °С, по рассчитанному режиму она должна быть 75 °С, то сушильная камера понимая, что необходима температура 75 °С уменьшит подачу тепла до тех пор пока не установится необходимая температура режима [9].

Заключение

Предложенную модель планируется реализовать и протестировать на реальных данных в пакете Fuzzy Logic Toolbox, входящем в систему Matlab [10], [11]. Среда для числовых вычислений позволяющая работать с матрицами, отображать функции данные, и реализовывать алгоритмы. Пакет Fuzzy Logic Toolbox – это некоторые прикладные программы, с помощью которых можно конструировать нечеткие экспертные и/или управляющие системы. Будут использованы несколько программ, такие как: редактор нечеткой системы вывода, редактор функций принадлежности, редактор правил и программа просмотра поверхности системы нечеткого вывода.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Чубинский А.Н. Физические методы испытаний древесины: Научное издание / А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, Г.С. Варанкина и др. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015 – 125 с.
2. Смирнов Ю.А. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие для вузов / Ю.А. Смирнов. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 456 с.
3. Асаи К. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.: под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – Москва : Мир, 1993 – 386 с.
4. Савченко Д.В. Нечеткая логика и нечеткие информационные технологии / Д.В. Савченко, К.М. Резникова, А.А. Смышляева // Отходы и ресурсы. – 2021. – № 1. DOI: 10.15862/10ECOR121

5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – Москва : Мир, 1976. – 165 с.
6. Григорьева Д.Р. Основы нечеткой логики: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров. – Набережные Челны : НЧИ КФУ, 2018. – 42 с.
7. Гороховский А.Г. Моделирование процесса сушки пиломатериалов / А.Г. Гороховский, В.В. Побединский, Е.Е. Шишкина, и др // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2020. – № 1. – С. 154–166. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-1-154-166.
8. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
9. Богданова Е.С. Справочник по сушке древесины: учебник / Е.С. Богданова, В.А. Козлов, В.Б. Кунтыш и др.; гл. ред. Е.С. Богданова. – Москва : Лесная промышленность, 1990. – 304 с.
10. Шифрин Б.М. Принятие решений в условиях неопределённости: учебное пособие для студентов бакалавриата и магистратуры направлений подготовки 27.03.04 и 27.04.04 «Управление в технических системах» всех форм обучения / Б.М. Шифрин, И.В. Елисеев. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2021. – 60 с.
11. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. / С.Д. Штовба. – М.осква : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chubinskij A.N. Fizicheskie metody ispytaniy drevesiny: Nauchnoe izdanie [Physical methods of testing wood: Scientific publication] / A.N. Chubinskij, A.A. Tambi, G.S. Varankina et al. – Saint-Petersburg : SPbGLTU, 2015 – 125 p.[in Russian]
2. Smirnov J.A. Tehnicheskie sredstva avtomatizacii i upravlenija: uchebnoe posobie dlja vuzov [Technical means of automation and control: a textbook for universities] / J.A. Smirnov. – Saint-Petersburg : Lan', 2021. – 456 p. [in Russian]
3. Asai K. Prikladnye nechetkie sistemy, [Applied fuzzy systems] / K. Asai, D. Vatada, S. Iwai et al.; ed. by T. Tjerano, K. Asai, M. Sugjeno. – Moscow : Mir, 1993 – 386 p. [in Russian]
4. Savchenko D.V. Nechetkaja logika i nechetkie informacionnye tehnologii [Fuzzy logic and fuzzy information technology] / D.V. Savchenko, K.M. Reznikova, A.A. Smyshljaeva // Internet-zhurnal «Othody i resursy» [Waste and resources]. – 2021. – № 1. DOI: 10.15862/10ECOR121[in Russian]
5. Zade L. Ponjatije lingvisticheskoj peremennoj i ee primenenie k prinjatiju priblizhennyh reshenij. [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions] / L. Zade. – Moscow : Mir, 1976. – 165 p.[in Russian]
6. Grigor'eva D.R. Osnovy nechetkoj logiki: Uchebno-metodicheskoe posobie k praktičeskim zanjatijam i laboratornym rabotam [Basics of Fuzzy Logic: Educational and methodical manual for practical classes and laboratory work] / D.R. Grigor'eva, G.A. Gareeva, R.R. Basyrov – Naberezhnye Chelny: NCI KFU, 2018. – 42 p.[in Russian]
7. Gorohovskij A.G. Modelirovanie processa sushki pilomaterialov [Modeling of the lumber drying process] / A.G. Gorohovskij, V.V. Pobedinskij, E.E. Shishkina et al. // Izv. vuzov. Lesn. Zhurn [News of higher educational institutions. Forest Magazine]. – 2020. – № 1. – P. 154–166. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-1-154-166.[in Russian]
8. Altunin A.E. Modeli i algoritmy prinjatija reshenij v nechetkih uslovijah: Monografija. [Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions: Monograph.] / A.E. Altunin, M.V. Semuhin. – Tjumen' : Tyumen State University Publishing House, 2000. – 352 p.[in Russian]
9. Bogdanova E.S. Spravochnik po sushke drevesiny: uchebnik [Handbook of wood drying: textbook] / V.A. Kozlov, V.B. Kuntysch, V.I. Melehov; ed. by E.S. Bogdanova. – Moscow : Lesnaja promyshlennost' [Forestry industry], 1990. – 304 p. [in Russian]
10. Shifrin B.M. Prinjatije reshenij v uslovijah neopredel'jonnosti: uchebnoe posobie dlja studentov bakalavriata i magistratury napravlenij podgotovki 27.03.04 i 27.04.04 «Upravlenie v tehničeskijh sistemah» vsech form obuchenija [Decision-making in conditions of uncertainty: a textbook for students of bachelor's and master's degree courses 27.03.04 and 27.04.04 «Management in technical systems» of all forms of education] / B.M. Shifrin, I.V. Eliseev. – Saint-Petersburg : SPbGLTU, 2021. – 60 p.[in Russian]
11. Shtovba S.D. Proektirovanie nechetkih system sredstvami Matlab. [Designing fuzzy systems using Matlab] / S.D. Shtovba. – Moscow : Gorjachaja linija. – Telekom, 2007. – 288 p.[in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.016>**О НЕЛИНЕЙНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ДИНАМИКУ ПАНДЕМИИ COVID-19**

Научная статья

Звягинцев А.И. *

ORCID: 0000-0003-0199-6420,

Михайловская военная артиллерийская академия, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (azvyagintsev[at]mail.ru)

Аннотация

В статье на основе классической SIR-модели распространения инфекционной эпидемии разработана математическая модель SVIR, учитывающая особенности распространения коронавирусной пандемии COVID-19. В созданной модели, в отличие от базовой, учитывается возможность повторного заражения коронавирусом и процесс вакцинации населения. Кроме того, в SVIR-модели отражен фактор изменения численности населения в результате рождаемости и смертности (включая от коронавируса) и в силу миграции населения. При моделировании прогнозов по динамике заболеваемости COVID-19 прежде всего интересует периодичность повторения коронавирусных волн и насколько последующая волна превысит предыдущую. В статье доказаны теоремы, гарантирующие возможность моделирования волнообразной динамики заболеваемости коронавирусом. На основе полученных теорем приводится пример численного моделирования волнообразной траектории.

Ключевые слова: математическая модель, дифференциальные уравнения, краевая задача, распространение эпидемии, пандемия COVID-19.

ON A NONLINEAR DIFFERENTIAL SYSTEM SIMULATING THE DYNAMICS OF THE COVID-19 PANDEMIC

Research article

Zvyagintsev A.I. *

ORCID: 0000-0003-0199-6420,

Mikhailovskaya Military Artillery Academy, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (azvyagintsev[at]mail.ru)

Abstract

In the article, based on the classical SIR model of the spread of an infectious epidemic, a mathematical SVIR model has been developed that takes into account the specifics of the COVID-19 coronavirus pandemic spread. The created model, unlike the basic one, takes into account the possibility of re-infection with coronavirus and the process of vaccination of the population. In addition, the SVIR model reflects the factor of population change as a result of birth rate and mortality (including from coronavirus) and migration. When modeling forecasts for the dynamics of the incidence of COVID-19, the factors of frequency of repetition of coronavirus waves and how the next wave will exceed the previous one are of particular interest. The article proves theorems that guarantee the possibility of modeling the wave-like dynamics of the incidence of coronavirus. Based on the obtained theorems, an example of numerical simulation of a wave-like trajectory is presented.

Keywords: mathematical model, differential equations, boundary value, epidemic spread, COVID-19 pandemic.

Введение

Последствия медицинского шока в форме пандемии COVID-19 оказали огромное влияние на социально-экономическую обстановку во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, по состоянию на 6 мая 2022 года вирусом COVID-19 во всем мире заразилось более 513,9 миллиона человек и более 6,2 миллиона умерло [1].

Математические модели, описывающие распространение эпидемии COVID-19, начали разрабатываться практически одновременно с первой вспышкой заболевания в Китае в январе 2020 г. В основе многих таких моделей используется SIR-модель распространения инфекции, предложенная В.Кермаком и А.Маккендриком [2]. Эта математическая модель состоит из трех дифференциальных уравнений и включает три группы индивидов (в зависимости от отношения к болезни): восприимчивые к заболеванию (Susceptible), инфицированные (Infected) и выздоровевшие (Recovered).

Идеи, заложенные в SIR-модели, послужили толчком для дальнейших исследований различных ученых. Путем модификации этой модели было разработано множество математических моделей распространения инфекционных заболеваний (SIS, SEI, SIRS, SEIS, SEIR, SEIRS, MSIR, MSEIR, MSEIRS, LSEIR) [3], [4], учитывающих разное число групп, участвующих в эпидемическом процессе, и включающих многообразное количество параметров, влияющих на течение эпидемии.

Отдельные эксперты считают ошибочным использование SIR-моделей для описания пандемии коронавируса [5]. Действительно, в этой модели считается, что переболевшие индивиды приобретают иммунитет и не могут быть заражены вторично. Для пандемии COVID-19 это предположение не выполняется. Более того, в SIR-модели предполагается постоянство численности населения и не учитывается процесс вакцинации от вирусной инфекции. Наконец, существенным недостатком большинства разработанных модификаций SIR-модели является их неспособность имитировать циклические процессы, которые характерны для волнообразной динамики заболеваемости коронавирусом, причем эта динамика иногда приобретает «пилообразный» вид. Такая картина, например, наблюдалась в России во время максимального пика распространения коронавирусной пандемии в феврале 2022 года [6], что наглядно демонстрирует рисунок 1.



Рис. 1 – Заболеваемость коронавирусом в России в феврале 2022 года

В данной статье будет предложена такая модификация SIR–модели, которая устраняет перечисленные выше недостатки. Кроме того, будут доказаны теоремы, гарантирующие возможность моделирования волнообразной динамики заболеваемости коронавирусом. Полученные в статье результаты являются дополнением к исследованиям по математическому моделированию пандемии COVID-19, обзоры которых содержатся, например, в работах [7], [8], [9].

Методы и принципы исследования

Разработанная В.Кермаком и А.Маккендриком [2] модель является классической SIR–моделью. В ней рассматривается три группы индивидов – восприимчивые к заболеванию (Susceptible), инфицированные (Infected) и выздоровевшие (Recovered). Передача инфекции осуществляется от инфицированных индивидов к восприимчивым. Модель описывается системой 3-х дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -rSI \\ \frac{dI}{dt} = rSI - \nu I \\ \frac{dR}{dt} = \nu I \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $S(t), I(t), R(t)$ – численности восприимчивых, инфицированных и переболевших индивидов в момент времени t соответственно; r – коэффициент скорости передачи инфекции; ν – коэффициент интенсивности выздоровления инфицированных индивидов.

В SIR–модели (1) исключается возможность повторного заражения для переболевших индивидов, что не соответствует пандемии COVID-19. Кроме того, в модели (1) подразумевается постоянство численности населения и не предусматривается процесс вакцинации от вирусной инфекции. В этой связи осуществим модификацию SIR–модели: добавим «вакцинное» уравнение (Vaccinated) и введем дополнительные параметры.

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -rSI - qS + aS \\ \frac{dV}{dt} = qS \\ \frac{dI}{dt} = rSI - \nu I + cR \\ \frac{dR}{dt} = \nu I - cR \end{cases} \quad (2)$$

Здесь $S(t), V(t), I(t), R(t)$ – соответственно численности подверженных риску заражения (не болевших COVID, но и не сделавших прививку), полностью вакцинированных (двумя дозами), больных коронавирусом, выздоровевших граждан; r – коэффициент скорости заражения COVID; ν – коэффициент интенсивности выздоровления инфицированных индивидов; q – коэффициент вакцинации; c – коэффициент повторного заражения COVID; a – коэффициент флуктуации населения, который учитывает эффект изменения численности населения в результате рождаемости и смертности (включая от коронавируса) и в силу миграции населения. Полученную систему (2) назовем SVIR–моделью.

При численном моделировании используются начальные условия

$$S(0) = S_0; V(0) = V_0; I(0) = I_0; R(0) = R_0 \quad (3)$$

Но при моделировании прогнозов по динамике заболеваемости COVID-19 прежде всего интересует периодичность повторения коронавирусных волн и насколько последующая волна превысит предыдущую. В этой связи возникает необходимость рассмотрения краевых условий

$$\mu I(0) = I(T)$$

где T – временной период до появления новой коронавирусной волны. Если коэффициент $\mu > 1$, то новая коронавирусная волна превысит предыдущую, а в случае $\mu \leq 1$ ситуация будет обратной.

Для успешной реализации практического моделирования важно установить критерии и условия, при которых существует возможность конструирования коронавирусных волн. В дальнейшем нам понадобится известный результат из теории краевых задач [10]. Рассмотрим систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$u'_j = a_{1j}u_1 + \dots + a_{nj}u_n + f_j(t, u_1, \dots, u_n); j = 1, \dots, n \quad (4)$$

с краевыми условиями

$$b_{1j}u_1(0) + \dots + b_{nj}u_n(0) + c_{1j}u_1(T) + \dots + c_{nj}u_n(T) = d_j; j = 1, \dots, n \quad (5)$$

где $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_j$ – вещественные числа, $f_j(t, u_1, \dots, u_n)$ – непрерывные и ограниченные функции на отрезке $[0, T]$.

Теорема 1 (о существовании решения)

Если соответствующая однородная задача

$$\begin{aligned} u'_j &= a_{1j}u_1 + \dots + a_{nj}u_n; j = 1, \dots, n. \\ b_{1j}u_1(0) + \dots + b_{nj}u_n(0) + c_{1j}u_1(T) + \dots + c_{nj}u_n(T) &= 0; j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

имеет только нулевое решение, то решение исходной краевой задачи (4)-(5) существует.

Отметим, что в монографии [10, С. 24–25] доказана теорема существования для более общего случая.

Основные результаты

Докажем теоремы, обуславливающие возможность применения системы (2) для моделирования волнообразной динамики распространения коронавирусной инфекции.

Теорема 2. Если числа $S_0, V_0, I_0, R_0 > 0$, то решение системы (2) с начальными условиями (3) положительно на любом отрезке $[0, T]$.

Доказательство. 1) В результате интегрирования первого уравнения системы (2) получаем

$$S(t) = S_0 e^{\int_0^t (-rI(t) - q + a) dt}$$

Отсюда следует $S(t) > 0$.

2) Для второго уравнения системы (2) в силу доказанного пункта 1) имеем $V'(t) > 0$. Следовательно, функция $V(t)$ является возрастающей и с учетом $V(0) > 0$ получается $V(t) > 0$.

3) Докажем, что $I(t) > 0$ и $R(t) > 0$. Если предположить противное, то найдутся такие t_1 и t_2 , что $I(t) > 0$ на интервале $[0, t_1)$ и $I(t_1) = 0$, а $R(t) > 0$ на интервале $[0, t_2)$ и $R(t_2) = 0$. Обозначим $\tau = \min\{t_1, t_2\}$.

Сложив третье уравнение системы (2), умноженное на R , с четвертым уравнением, умноженным на I , получаем

$$(IR)' = rSIR - vIR + cR^2 + vI^2 - cIR \geq (rS - v - c)(IR)$$

Интегрируя это неравенство от 0 до τ , получаем противоречие

$$0 = I(\tau)R(\tau) = I_0 R_0 e^{\int_0^\tau (rS(t) - v - c) dt} > 0.$$

Теорема доказана.

Теорема 3. Если числа $S_0, V_0, I_0, R_0 > 0$, то решение системы (2) с начальными условиями (3) ограничено на отрезке $[0, T]$.

Доказательство. Численность населения в момент времени t составляет

$$N(t) = S(t) + V(t) + I(t) + R(t)$$

В силу теоремы 2 имеем

$$0 < S(t) \leq N(t); 0 < V(t) \leq N(t); 0 < I(t) \leq N(t); 0 < R(t) \leq N(t)$$

Сложив все уравнения системы (2) получаем

$$N' = aS \leq aN$$

Интегрируя это неравенство, получаем

$$N(t) \leq N_0 e^{at} \leq N_0 e^{aT} = (S_0 + V_0 + I_0 + R_0) e^{aT}$$

В случае $a < 0$ вместо e^{aT} будет $e^0 = 1$. Теорема доказана.

Рассмотрим краевую задачу:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -rSI - qS + aS \\ \frac{dV}{dt} = qS \\ \frac{dI}{dt} = rSI - \nu I + cR \\ \frac{dR}{dt} = \nu I - cR \end{cases} \quad (6)$$

$$S(0) = S_0; V(0) = V_0; \mu I(0) = I(T); R(0) = R_0 \quad (7)$$

Теорема 4. Пусть $S_0, V_0, I(0), R_0 > 0$ и выполняются условия

$$a \neq q; \mu \neq \frac{c + \nu e^{-(c+\nu)T}}{c + \nu} \quad (8)$$

Тогда краевая задача (6)-(7) имеет решение.

Доказательство. 1) Обозначим

$$M = (S_0 + V_0 + I(0) + R_0) e^{aT}$$

Вместо исходной системы (6) рассмотрим модифицированную систему

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -r\delta(0, S, M)\delta(0, I, M) - qS + aS \\ \frac{dV}{dt} = qS \\ \frac{dI}{dt} = r\delta(0, S, M)\delta(0, I, M) - \nu I + cR \\ \frac{dR}{dt} = \nu I - cR \end{cases} \quad (9)$$

Здесь дельта-функция определяется следующим образом

$$\delta(0, W, M) = \begin{cases} 0, \text{ при } W < 0 \\ W, \text{ при } 0 \leq W \leq M \\ M, \text{ при } W > M \end{cases}$$

Ясно, что нелинейную часть системы (9) составляют непрерывные и ограниченные функции. Запишем соответствующую однородную задачу:

$$\begin{cases} S' = -qS + aS \\ V' = qS \\ I' = -\nu I + cR \\ R' = \nu I - cR \end{cases} \quad (10)$$

$$S(0) = 0; V(0) = 0; \mu I(0) - I(T) = 0; R(0) = 0 \quad (11)$$

Из первых двух уравнений системы (10) получаем

$$V'' = (a - q)V'$$

Из третьего и четвертого уравнений системы (10) имеем

$$R'' = -(c + v)R'$$

Для этих дифференциальных уравнений второго порядка соответствующие характеристические уравнения имеют вид

$$\lambda^2 - (a - q)\lambda = 0 \text{ и } \lambda^2 + (c + v)\lambda = 0$$

Вычислив корни характеристических уравнений, получаем общее решение системы (10):

$$\begin{cases} S(t) = \frac{a - q}{q} C_2 e^{(a - q)t} \\ V(t) = C_1 + C_2 e^{(a - q)t} \\ I(t) = \frac{c}{v} C_3 - C_4 e^{-(c + v)t} \\ R(t) = C_3 + C_4 e^{-(c + v)t} \end{cases}$$

Здесь C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные действительные числа. На основании условий (11) получаем алгебраическую систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{a - q}{q} C_2 = 0 \\ C_1 + C_2 = 0 \\ \mu \left(\frac{c}{v} C_3 - C_4 \right) - \frac{c}{v} C_3 + C_4 e^{-(c + v)T} = 0 \\ C_3 + C_4 = 0 \end{cases}$$

Эта система в силу (8) имеет единственное решение $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0$. Следовательно, у однородной задачи (10)-(11) существует единственное решение, тождественно равное нулю. Тогда по теореме 1 модифицированная система (9) с краевыми условиями (7) имеет решение

$$S_*(t), V_*(t), I_*(t), R_*(t).$$

2) Покажем, что

$$S_*(t), V_*(t), I_*(t), R_*(t) > 0 \text{ на всем отрезке } [0, T].$$

А) Если предположить нарушение неравенства $S_*(t) > 0$, то найдутся такие $t_1, t_2 \in (0, T]$, что $S_*(t) < 0$ на интервале (t_1, t_2) и $S_*(t_1) = 0$. Кроме того, для $t \in [t_1, t_2)$ первое уравнение системы (9) примет вид $S_*' = -qS_* + aS_*$, решение которого приводит к противоречию

$$0 > S_*(t) = S_*(t_1) e^{(a - q)(t - t_1)} = 0.$$

Б) Если предположить нарушение неравенства $V_*(t) > 0$, то найдется такое $t_1 \in (0, T]$, что $V_*(t_1) = 0$ и $V_*'(t_1) \leq 0$. Но тогда с учетом пункта А) из второго уравнения системы (9) следует противоречие

$$0 \geq V_*'(t_1) = qS_*(t_1) > 0.$$

В) Если предположить нарушение неравенства $I_*(t) > 0$, то в силу краевых условий $\mu I_*(0) = I_*(T) > 0$ найдутся такие $t_1, t_2 \in (0, T)$, что $I_*(t) < 0$ на интервале (t_1, t_2) и $I_*(t_1) = I_*(t_2) = 0$. Кроме того, для $t \in [t_1, t_2]$ третье уравнение системы (9) примет вид $I_*' = -vI_* + cR_*$, которое с помощью четвертого уравнения системы (9) приводится к уравнению второго порядка

$$I_*'' + (c + v)I_*' = 0$$

Общее решение этого уравнения $I_*(t) = C_1 + C_2 e^{-(c + v)t}$. Из условий $I_*(t_1) = I_*(t_2) = 0$ получаем систему уравнений

$$\begin{cases} C_1 + C_2 e^{-(c+v)t_1} = 0 \\ C_1 + C_2 e^{-(c+v)t_2} = 0 \end{cases}$$

Отсюда $C_1 = C_2 = 0$ и $I_*(t) \equiv 0$ на отрезке $[t_1, t_2]$, что противоречит $I_*(t) < 0$ на интервале (t_1, t_2) .

Г) Если предположить нарушение неравенства $R_*(t) > 0$, то найдется такое $t_1 \in (0, T]$, что $R_*(t_1) = 0$ и $R_*'(t_1) \leq 0$. Но тогда с учетом пункта В) из четвертого уравнения системы (9) следует противоречие

$$0 \geq R_*'(t_1) = \nu I_*(t_1) - c R_*(t_1) = \nu I_*(t_1) > 0.$$

3) Покажем, что $S_*(t), I_*(t) \leq M$ на всем отрезке $[0, T]$.

Сложив все уравнения системы (9) и с учетом пункта 2) получаем

$$aS_*(t) \leq a(S_*(t) + V_*(t) + I_*(t) + R_*(t))$$

Повторяя рассуждения из доказательства теоремы 3, получим для всех $t \in [0, T]$ неравенство

$$S_*(t) + V_*(t) + I_*(t) + R_*(t) \leq M$$

Отсюда в частности $S_*(t), I_*(t) \leq M$.

4) На основании пунктов 2) и 3) имеем $0 \leq S_*(t), I_*(t) \leq M$ на всем отрезке $[0, T]$. Отсюда следует, что $\delta(0, S_*, M) \delta(0, I_*, M) = S_* I_*$. Это означает, что для функций $S_*(t), V_*(t), I_*(t), R_*(t)$ модифицированная система (9) совпадает с исходной системой (6). Таким образом, $S_*(t), V_*(t), I_*(t), R_*(t)$ является решением исходной краевой задачи (6)-(7). Теорема доказана.

В качестве примера на рисунке 2 представлен график волнообразной динамики коронавирусной заболеваемости, смоделированный в результате решения краевой задачи (6)-(7).

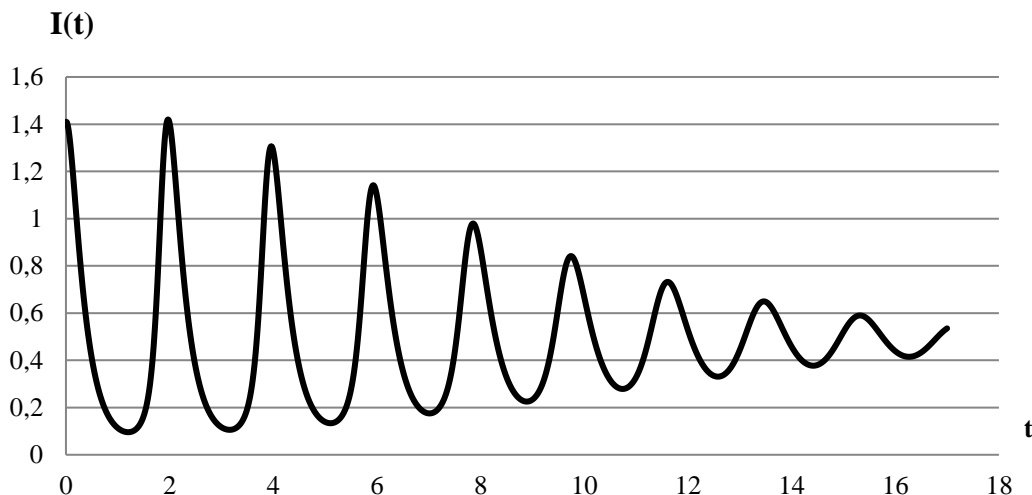


Рис. 2 – Смоделированная волнообразная динамика заболеваемости коронавирусом

Численное решение дифференциальной системы (6) находится методом Рунге-Кутты [11, С.201]. В результате компьютерного эксперимента были подобраны численные значения параметров краевой задачи (6)-(7):

$$r = 7; \nu = 4; q = 0,5; \alpha = 3,9; c = 0,01; \mu = 1; T = 1,95;$$

$$S_0 = 0,57; I(0) = 1,41; R_0 = 1,53; V_0 = 0,71.$$

График рисунка 2 имеет «пилообразный» вид, что соответствует конфигурации коронавирусной динамики большинства стран в первом квартале 2022 года [1], [6].

Заключение

В результате модификации классической SIR-модели разработана новая SVIR-модель, которая способна генерировать сценарии волнообразного распространения COVID-19. Полученные в статье теоремы обеспечивают возможность моделирования волнообразной динамики заболеваемости коронавирусом. Для осуществления такого моделирования необходимо решать краевую задачу. Теорема 4 определяет допустимую область параметров, вариация которыми позволяет имитировать динамику COVID пандемии. Теоремы 2 и 3 определяют границы возможных колебаний для показателей коронавирусной динамики. Разработанная SVIR-модель может служить практическим инструментарием для адекватного прогнозирования возникновения новых волн COVID-19.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. World Health Organization. [Electronic resource]. URL: <https://covid19.who.int/> (accessed: 06.05.2022).
2. Kermack W.O. A contribution to the mathematical theory of epidemics / W.O. Kermack, A.G. McKendrick // Proceedings of the Royal Society of London Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character. – 1927. – Vol. 115. – № 772. – P. 700–721.
3. Edelstein-Keshet L. Mathematical Models in Biology, Society for Industrial and Applied Mathematics / L. Edelstein-Keshet. – 2005. – 586 p.
4. Herbert W. The Mathematics of Infectious Diseases / W. Herbert, H.W. Hethcote // SIAM Review, 42:4. – 2000. – P. 599–653.
5. Comunian A. Inversion of a SIR-based model: A critical analysis about the application to COVID-19 epidemic / A. Comunian, R. Gaburro, M. Giudici // Physica D 413. – 2020. – 132674.
6. Worldometer. [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (accessed: 06.05.2022).
7. Vishnu V. Mathematical Models for Predicting Covid-19 Pandemic: A Review / V. Vishnu, S. Kumar Ramakuri, A. Peddi et al. // Journal of Physics: Conference Series 1797. – 2021. – 012009.
8. Куркина Е.С. Математическое моделирование распространения волн эпидемии коронавируса COVID-19 в разных странах мира / Е.С. Куркина, Э.М. Кольцова // Прикладная математика и информатика – Москва : Изд-во факультета ВМК МГУ. – 2021. – № 66. – С.41–66.
9. Еремеева Н.И. Построение модификации SEIRD-модели распространения эпидемии, учитывающей особенности COVID-19 / Н.И. Еремеева // Вестник ТвГУ. Серия: Прикладная математика. – 2020. – Выпуск 4. – С. 14–27.
10. Васильев Н.И. Основы теории краевых задач обыкновенных дифференциальных уравнений / Н.И. Васильев, Ю.А. Клоков. – Рига : Зинатне, 1978. – 183 с.
11. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – Москва : Наука, 1969. – 424 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. World Health Organization. [Electronic resource]. URL: <https://covid19.who.int/> (accessed: 06.05.2022).
2. Kermack W.O. A contribution to the mathematical theory of epidemics / W.O. Kermack, A.G. McKendrick // Proceedings of the Royal Society of London Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character. – 1927. – Vol.115. – № 772. – P. 700–721.
3. Edelstein-Keshet L. Mathematical Models in Biology, Society for Industrial and Applied Mathematics / L. Edelstein-Keshet. – 2005. – 586 p.
4. Herbert W. The Mathematics of Infectious Diseases / W. Herbert, H.W. Hethcote // SIAM Review, 42:4. – 2000. – P. 599–653.
5. Comunian A. Inversion of a SIR-based model: A critical analysis about the application to COVID-19 epidemic / A. Comunian, R. Gaburro, M. Giudici // Physica D 413. – 2020. – 132674.
6. Worldometer. [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (accessed: 06.05.2022).
7. Vishnu V. Mathematical Models for Predicting Covid-19 Pandemic: A Review / V. Vishnu, S. Kumar Ramakuri, A. Peddi et al. // Journal of Physics: Conference Series 1797. – 2021. – 012009.
8. Kurkina E.S. Matematicheskoye modelirovaniye rasprostraneniya voln epidemii koronavirusa COVID-19 v raznykh stranakh mira [Mathematical modeling of the spread of waves of the epidemic of the coronavirus COVID-19 in different countries of the world] / E.S. Kurkina, E.M. Koltsova // Prikladnaya matematika i informatika [Applied Mathematics and Computer Science] – Moscow : Publishing house of the VMK MSU. – 2021. – № 66. – P.41–66. [in Russian]
9. Eremeeva N.I. Postroyeniye modifikatsii SEIRD-modeli rasprostraneniya epidemii, uchityvayushchey osobennosti COVID-19 [Building a modification of the SEIRD-model of the spread of the epidemic, taking into account the features of COVID-19] / N.I. Eremeeva // Vestnik TvGU. Seriya: Prikladnaya matematika [Bulletin of TVGU. Series: Applied Mathematics]. – 2020. – Vol. 4. – P. 14–27. [in Russian]
10. Vasilyev N.I. Osnovy teorii krayevykh zadach obyknovennykh differentsial'nykh uravneniy [Foundations of the theory of ordinary differential equations boundary value problems] / N.I. Vasilyev, Y.A. Klovok. – Riga : Zinatne, 1978. – 183 p. [in Russian]
11. Elsgolts L.E. Differentsial'nyye uravneniya i variatsionnoye ischisleniye [Differential equations and variations calculus] / L.E. Elsgolts. – Moskva : Nauka, 1969. – 424 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.017>

ГЕНЕРАЦИЯ СУПЕРКОНТИНУУМА И ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИОНАХ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

Научная статья

Зятников И.А.^{1,*}, Лосев В.Ф.²¹ ORCID: 0000-0003-3219-9299;¹⁻² Институт Сильноточной Электроники СО РАН, Томск, Россия

* Корреспондирующий автор (kidnapper66[at]gmail.com)

Аннотация

В работе приводятся результаты исследования параметров генерации в прямом направлении на первой отрицательной системе (переход $B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$) ионов молекулярного азота в лазерной плазме, которая создавалась в воздухе или чистом азоте лазерным излучением с центральной длиной волны 950 нм, длительностью импульса 50 – 60 фс и энергией до 10 мДж. Изучалось влияние давления азота и энергии накачки на интенсивность излучения на длинах волн 391.4 нм (0 – 0 колебательный переход) и 427.8 нм (0 – 1). Показывается, что, изменяя давление азота можно получать генерацию на разных колебательных переходах иона молекулярного азота и менять их интенсивности. Максимальные интенсивности на длинах волн 391.4 нм и 427.8 нм наблюдались при давлении азота ~ 30 и ~ 500 мбар соответственно. Оптимальные давления генерации определяются ростом усиления за счёт увеличения числа ионизированных молекул азота в возбужденном состоянии с одной стороны, и снижением усиления благодаря тушению возбужденных состояний нейтральными молекулами азота и плазменными электронами, с другой. Также показывается, что для запуска процесса генерации необходимо мощное затравочное излучение, в качестве которого выступают фотоны широкополосного суперконтинуума, возникающего в этой же лазерной плазме.

Ключевые слова: генерация, суперконтинуум, лазерная плазма, молекулярные ионы азота, интенсивность.

SUPERCONTINUUM AND RADIATION GENERATION ON MOLECULAR NITROGEN IONS IN LASER PLASMA

Research article

I.A. Zyatnikov^{1,*}, V.F. Losev²¹ ORCID: 0000-0003-3219-9299;¹⁻² Institute of High Current Electronics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

* Corresponding author (kidnapper66[at]gmail.com)

Abstract

This paper presents the results of the study of the generation parameters in the forward direction on the first negative system (transition $B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$) of molecular nitrogen ions in the laser plasma, which was created in air or pure nitrogen by laser radiation with a central wavelength of 950 nm, pulse duration of 50 – 60 fs, and energy of up to 10 mJ. The effect of nitrogen pressure and energy pumping on the emission intensity at 391.4 nm (0 – 0 vibrational transition) and 427.8 nm (0 – 1) was studied. It is shown that by changing the pressure of nitrogen, it is possible to obtain generation of different vibrational transitions of the molecular nitrogen ion and to change their intensities. The maximum intensities at 391.4 nm and 427.8 nm were observed at nitrogen pressures of ~ 30 and ~ 500 mbar, respectively. Optimal generation pressures are determined by an increase in intensity due to an increase in the number of ionized nitrogen molecules in the excited state, on the one hand, and a decrease in gain due to quenching of excited states by neutral nitrogen molecules and plasma electrons, on the other hand. It is also shown that starting the generation process requires powerful seed radiation, which are photons of a broadband supercontinuum appearing in the same laser plasma.

Keywords: generation, supercontinuum, laser plasma, molecular nitrogen ions, intensity.

Введение

За последнее время безрезонаторная генерация в воздухе, создаваемая в лазерной плазме путём накачки сверхмощными ультракороткими лазерными импульсами, привлекла значительное внимание исследователей [1], [2], [3], [5]. Используя компоненты воздуха можно потенциально создавать источник когерентного излучения в атмосфере без применения резонатора на расстоянии несколько километров от лазера накачки [6], [7]. Поэтому такие источники имеют большую перспективу для зондирования атмосферы [8], [9] и применения их в других областях, таких как спектроскопия, медицина и т.д.

Под генерацией подразумевается высоконаправленное когерентное вынужденное излучение в активной среде. Основное внимание исследователей уделяется изучению генерации на первой отрицательной системе ионов молекулярного азота (длина волны 391.4 и 427.8 нм), которые соответствуют переходам $B^2\Sigma_u^+ (v' = 0) - X^2\Sigma_g^+ (v = 0, 1)$, где v и v' это колебательные квантовые числа верхнего и нижнего электронных состояний [1], [2], [10], [11]. Данные линии были получены путём накачки воздуха или чистого азота высокоинтенсивными лазерными импульсами в инфракрасной (ИК) области спектра, включая 800 нм [2, 10 – 12], 950 нм [13, 14], 1.03 мкм [15]. В работах было показано что для достижения генерации необходимо внешнее затравочное излучение на длине волны соответствующего перехода на ионах молекулярного азота. Такое излучение обычно получают путём удвоения частоты излучения накачки, либо за счет гармоник высокого порядка или фотонов суперконтинуума (СК). При этом затравочное излучение может формироваться как в дополнительном источнике [16], [17], [18], [19], так и непосредственно в лазерной плазме, являющейся активной средой [2], [12], [13]. Оно всегда когерентно и имеет линейную поляризацию, а излучение на ионах молекулярного азота копирует эти свойства.

Из литературы известно, что интенсивность генерации на ионах молекулярного азота зависит от давления газа [12],

[20], [22], [23]. Как правило, линию 391.4 нм получают при низком давлении в лазерной камере (от 10 до 200 мбар), а линию 427.8 нм получают при более высоких давлениях (от 200 мбар и выше, вплоть до атмосферного).

Большинство работ, как правило, посвящено исследованию генерации на длине волны 391.4 нм в камере низкого давления при накачке ультракоротким лазерным импульсом на длине волны 800 нм. При этом показано, что длина волны накачки влияет на параметры генерации на ионах молекулярного азота [1]. В настоящее время, насколько нам известно, существует только 2 работы, которые посвящены исследованию зависимости генерации на длине волны 427.8 нм от давления [12] и от энергии накачки на длине волны 800 нм [23]. Следует также отметить, что до настоящего времени не выяснен окончательно механизм генерации на ионах молекулярного азота и любые новые данные могут помочь его установить.

Целью данной работы является исследование поведения интенсивности излучения СК и генерации на ионах молекулярного азота с длинами волн 391.4 нм и 427.8 нм в зависимости от давления азота и энергии накачки фемтосекундными лазерными импульсами с центральной длиной волны 950 нм. Результаты данных исследований могут быть полезны как для понимания процессов, лежащих в основе возникновения генерации, так и для разработки эффективных источников когерентного и коротко-импульсного излучения в ультрафиолетовой и видимой области спектра.

Аппаратура и методики измерения

Схема эксперимента представлена на рисунке 1. Для создания лазерной плазмы нами использовался твердотельный фемтосекундный лазерный комплекс на кристаллах Ti:Sa, который формировал спектрально-ограниченный импульс с длительностью 50 – 60 фс, центральной длиной волны 950 нм и диаметром пучка 1.5 см (уровень интенсивности $1/e^2$). Комплекс работал на частоте 10 Гц. Данный пучок с энергией до 10 мДж фокусировался плоско-выпуклой линзой L_1 ($F_1 = 30$ см) в газовую камеру с азотом высокой чистоты, либо в атмосферный воздух. Давление в камере изменялось в диапазоне от 10 до 1000 мбар. Излучение генерации на ионах молекулярного азота после камеры коллимировалось линзой L_2 с фокусным расстоянием $F_2 = 30$ см, затем фокусировалось на щель спектрометра линзой L_3 с фокусным расстоянием $F_3 = 20$ см. Перед спектрометром устанавливался фильтр, который отсекал ИК излучение накачки.

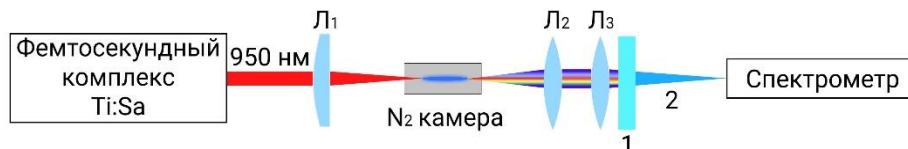


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки:

L_1 – фокусирующая линза; L_2 и L_3 – собирающие линзы для регистрации излучения;

1 – узкополосный фильтр; 2 – генерация

Для измерения спектрального состава СК и оценки интенсивности генерации на ионах молекулярного азота использовался спектрометр Ocean Optics HR-4000CG-NIR со спектральным разрешением 0.75 нм.

Результаты и обсуждение

Основные результаты данной статьи были получены при генерации излучения в лазерной камере. На рисунке 2 представлен график зависимости интенсивности генерации на длинах волн 391.4 нм и 427.8 нм от давления. Из графиков видно, что для линии азота 391.4 нм до оптимального значения давления в азотной камере ~ 30 мбар ее интенсивность возрастает, затем происходит резкий спад интенсивности и прекращение генерации при давлении азота $\sim 600 - 700$ мбар. Для линии азота 427.8 нм оптимальным значением давления является ~ 500 мбар. При атмосферном давлении азота наблюдалась только одна линия на длине волны 427.8 нм. Полученные значения оптимальных давлений в азотной камере хорошо согласуются с литературными данными [12], [21], [22]. Стоит отметить, что с уменьшением давления азота увеличивается оптимальное значение энергии (мощности) импульсов накачки. Максимумы интенсивностей при оптимальных давлениях для двух длин волн наблюдались при одной и той же энергии накачки ~ 6 мДж (~ 110 ГВт). Примерно эти же значения энергии были оптимальными и при меньших давлениях, однако с ростом давления оптимальная энергия накачки снижалась до ~ 4 мДж (~ 70 ГВт).

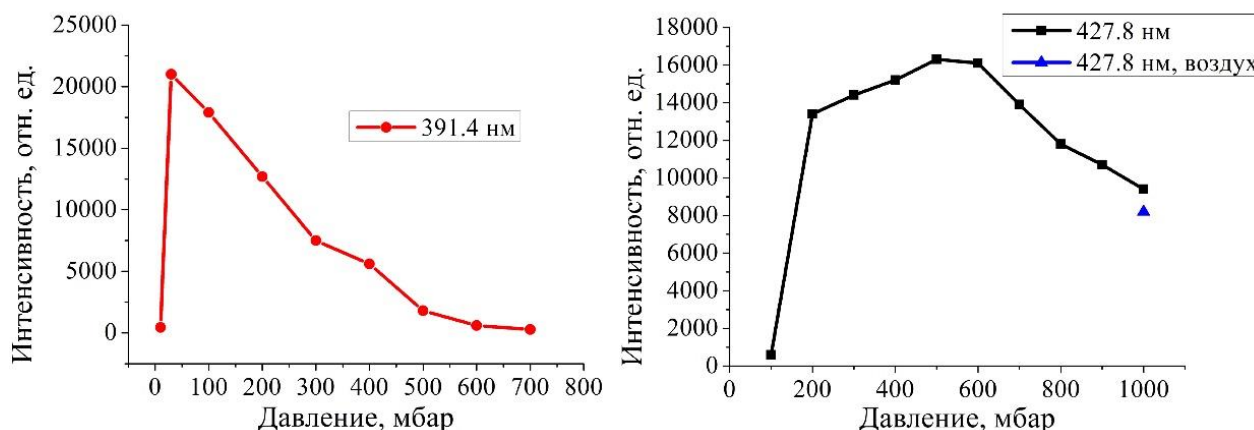


Рис. 2 – Зависимости интенсивности генерации на длинах волн 391.4 нм (слева) и 427.8 нм (справа) при различном давлении азота и оптимальных значениях энергии накачки

Из рисунка 2 видно, что интенсивность излучения для каждой линии при изменении давления ведет себя по-разному. По нашему мнению, это связано с тем, что при увеличении давления азота важную роль для генерации играют два процесса: рост усиления за счёт увеличения числа ионизированных молекул азота N_2^+ в возбужденном состоянии $B^2\Sigma_u^+$ и снижение усиления благодаря тушению возбужденных состояний нейтральными молекулами азота и плазменными электронами. В результате, максимум интенсивности генерации на длине волны 391.4 нм достигается при давлении в газовой камере в районе 30 мбар, когда данные два процесса находятся в балансе. Для линии 427.8 нм такой баланс реализуется при давлениях $\sim 500 - 600$ мбар. Возникает вопрос, почему на этих линиях разное оптимальное давление. Дело в том, что при увеличении давления азота более 30 мбар за счет тушения происходит увеличение скорости расселения на нижнем лазерном уровне с колебательного уровня $X(1)$ на $X(0)$, увеличивая инверсию на первый уровень, и уменьшая на нулевой. В результате, интенсивность излучения на переходе $B(0) - X(1)$ (длина волны 427.8 нм) начинает повышаться с ростом давления азота пока не достигнет оптимума, а на переходе $B(0) - X(0)$ (длина волны 391.4 нм) уменьшаться. Этим также можно объяснить тот факт, что в одних условиях длительность импульса генерации на длине волны 391.4 нм короче, чем длительность импульса на 427.8 нм [24]. По аналогии можно объяснить и увеличение оптимального значения энергии накачки с уменьшением давления. Чем меньше давление для данной конкретной линии азота, с которого она начинает появляться, тем необходимо большая энергия накачки для достижения баланса усиления и тушения.

Следует отметить важную роль интенсивности СК в спектральной области генерации молекулярного азота, которая запускает и повышает интенсивность генерации. Нами исследовались спектральный состав и интенсивность СК в зависимости от энергии накачки (рисунок 3). Было показано, что спектр СК расширяется с ростом энергии накачки и только при определенной энергии начинает перекрывать спектральную область генерации на молекулярных ионах азота. При этом с ростом мощности СК происходит значительное увеличение интенсивности излучения азота.

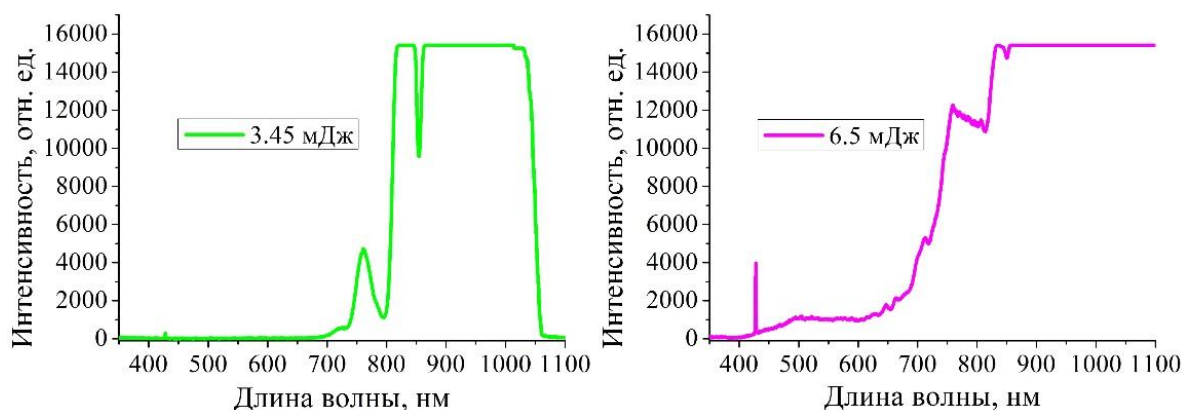


Рис. 3 – Поведение интенсивности СК и генерации на длине волны 427.8 нм для различных энергий накачки при давлении азота в ~ 1000 мбар

Заключение

Таким образом, в работе были исследованы спектральные параметры излучения СК и генерации на первой отрицательной системе (переход $B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$) ионов азота в лазерной плазме, создаваемой лазерным излучением с центральной длиной волны 950 нм и длительностью импульса 50 – 60 фс. Было показано, что генерацией на длинах волн 391.4 и 427.8 нм можно управлять изменением интенсивности СК, давлением азота и энергией накачки. Найдены оптимальные условия для получения генерации на каждой длине волны. Так, максимальная интенсивность на длине волн 391.4 нм наблюдается при давлении азота ~ 30 мбар, а на 427.8 нм – при давлении ~ 500 мбар. Энергия накачки при оптимальных значениях давления составляет ~ 6 мДж. Предложено объяснение существования различных оптимальных давлений, которое обусловлено перераспределением населенностей на колебательных уровнях $X(1)$ и $X(0)$ нижнего лазерного уровня за счет тушения нейтральными молекулами азота и плазменными электронами. Показано, что для запуска процесса генерации необходимо мощное затравочное излучение, в качестве которого выступают фотоны широкополосного суперконтинуума, возникающего в этой же лазерной плазме.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке проектом РФФИ № 20-08-00060 и проектом РФФИ и Томской области № 19-48-700016.

Funding

The reported study was funded by RFBR project No. 20-08-00060 and by RFBR and Tomsk region project No. 19-48-700016.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Yao J. High-brightness switchable multiwave length remote laser in air / J. Yao, B. Zeng, H. Xu et al. // Phys. Rev. A. – 2011. – Vol. 84(5). – P. 051802.
2. Wang T.J. Forward lasing action at multiple wavelengths seeded by white light from a femtosecond laser filament in air / T.J. Wang, J.F. Daigle, J.Ju et al. // Phys. Rev. A. – 2013. – Vol. 88. – P. 053429.

3. Liu Y. Unexpected sensitivity of nitrogen ions superradiant emission on pump laser wavelength and duration / Y. Liu, P. Ding, N. Ibrakovic et al. // PRL – 2017. – Vol. 119. – P. 203205.
4. Li H. Generation of air lasing at extended distances by coaxial dual-color femtosecond laser pulses / H. Li, H. Zhang, Y. Su et al. // J. Opt. – 2017. – Vol. 19. – P. 124006.
5. Chin S.L. Natural population inversion in a gaseous molecular filament / S.L. Chin, H. Xu, Y. Cheng et al. // COL – 2013. – Vol. 11(1). – P. 013201.
6. Yao J. An anatomy of strong-field ionization-induced air lasing / J. Yao, W. Chu, Z. Liu et al. // App. Phys. B. – 2018. – Vol. 124. – P. 73.
7. Fu Y. Generation of extended filaments of femtosecond pulses in air by use of a single-step phase plate / Y. Fu, H. Xiong, H. Xu et al. // Opt. Lett. – 2009. – Vol. 34(23). – P. 3752.
8. Xu H. Femtosecond laser ionization and fragmentation of molecules for environmental sensing / H. Xu, Y. Cheng, S.L. Chin et al. // Laser Photonics Rev. – 2015. DOI: 10.1002/lpor.201400208.
9. Polynkin P. Air Lasing / P. Polynkin, Y. Cheng // Springer Series in Optical Sciences. – 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-65220-7.
10. Ni J. Identification of the physical mechanism of generation of coherent N₂ emissions in air by femtosecond laser excitation / J. Ni, W. Chu, C. Jing et al. // Opt. Express. – 2013. – Vol. 21(7). – P. 8746.
11. Xu H. Sub-10-fs population inversion in N₂⁺ in air lasing through multiple state coupling / H. Xu, E. Lotstedt, A. Iwasaki et al. // Nature Communications. – 2015. – Vol. 6. – P. 8347.
12. Liu Y. Self-seeded lasing in ionized air pumped by 800 nm femtosecond laser pulses / Y. Liu, Y. Brelet, G. Point et al. // Optics Express. – 2013. – Vol. 21(19). – P. 227931.
13. Ivanov N.G. Temporal behavior of air lasing by molecular nitrogen ions / N. G. Ivanov, I. A. Zyatikov, V. F. Losev et al. // Opt. Commun. – 2020. – Vol. 456. – P. 124573.
14. Zyatikov A. Analysis of the active medium parameters of molecular nitrogen ions in ambient air / A. Zyatikov, V.F. Losev, D.M. Lubenko et al. // Opt. Lett. – 2020. – Vol. 45(23). – P. 6518.
15. Kartashov D. Stimulated amplification of UV emission in a femtosecond filament using adaptive control / D. Kartashov, J. Möhring, G. Andriukaitis et al. // OSA. – 2012. – P. QTh4E.6.
16. Zhang H. Abnormal dependence of strong-field-ionization-induced nitrogen lasing on polarization ellipticity of the driving field / H. Zhang, C. Jing, G. Li et al. // Phys. Rev. A. – 2013. – Vol. 88. – P. 063417.
17. Yao J. Remote creation of coherent emissions in air with two-color ultrafast laser pulses / J. Yao, G. Li, C. Jing et al. // New J. Phys. – 2013. – Vol. 15(2). – P. 023046.
18. Xie H. Coupling of N₂⁺ rotational states in an air laser from tunnel-ionized nitrogen molecules / H. Xie, B. Zeng, G. Li et al. // Phys. Rev. A. – 2014. – Vol. 90. – P. 042504.
19. Liu Y. Recollision-induced superradiance of ionized nitrogen molecules / Y. Liu, P. Ding, G. Lambert // Phys. Rev. Lett. – 2015. – V. 115. – P. 133203.
20. Zhou D. Time-resolved study of the lasing emission from high vibrational levels of N₂⁺ pumped with circularly polarized femtosecond pulses / D. Zhou, X. Zhang, Q. Lu et al. // COL. – 2020. – Vol. 18(2). – P. 023201.
21. Zhong X. Optimizing the 391-nm lasing intensity from ionized nitrogen molecules in 800-nm femtosecond laser fields / X. Zhong, Z. Miao, L. Zhang et al. // Phys. Rev. A. – 2018. – Vol. 97. – P. 033409.
22. Li G. Signature of superradiance from a nitrogen-gas plasma channel produced by a strong-field ionization / G. Li, C. Jing, B. Zeng et al. // Phys. Rev. A. – 2014. – Vol. 89. – P. 033833.
23. Point G. Lasing of ambient air with microjoule pulse energy pumped by a multi-terawatt infrared femtosecond laser / G. Point, Y. Liu, Y. Brelet et al. // Opt. Lett. – 2014. – Vol. 39(7). – P. 1725.
24. Zyatikov I.A. Resonator-free generation on molecular nitrogen ions in airborne laser plasma / I.A. Zyatikov, V.F. Losev // Optics and Spectroscopy. – 2022. – Vol 130(4). – P. 511.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.018>**ДИНАМИКА ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ РФ**

Научная статья

Горыня Е.В.¹, Колпак Е.П.²*, Гасратова Н.А.³¹⁻³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (st006751[at]mail.spbu.ru)

Аннотация

Анализируются показатели внешней торговли РФ по экспорту и импорту за последние 25 лет. Аппроксимация кумулятивных зависимостей с высокой степенью точности осуществляется логистическими зависимостями для всех субъектов рынка. Измерение конкуренции осуществляется с применением индекса концентрации и индекса Херфиндаля-Хиршмана, а анализ динамики их изменения не показывает наличие недобросовестной конкуренции. Показано, что санкционная политика западных стран приводит к более быстрым темпам роста импорта из стран Азии по сравнению с импортом из стран Запада. Для описания динамики внешней торговли предлагается использовать эксплуатационную модель конкуренции.

Ключевые слова: экспорт, импорт, измерение конкуренции, математическое моделирование, кумулятивные характеристики.

DYNAMICS OF FOREIGN TRADE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Research article

Gorynya E.V.¹, Kolpak E.P.²*, Gasratova N.A.³¹⁻³ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

* Corresponding author (st006751[at]mail.spbu.ru)

Abstract

The indicators of the Russian Federation's foreign trade in export and import over the past 25 years are analyzed. The approximation of cumulative dependencies with a high degree of accuracy is carried out by logistic dependencies for all market entities. Competition is measured using the concentration index and the Herfindahl-Hirschman Index, and the analysis of the dynamics of their changes does not show the presence of unfair competition. It is shown that the sanctions policy of Western countries leads to faster growth of import rates from Asian countries compared to import from Western countries. To describe the dynamics of foreign trade, it is proposed to use an explorative competition model.

Keywords: export, import, competition measurement, mathematical modeling, cumulative characteristics.

Введение

Торговля, как хозяйственная деятельность, обеспечивает движение товаров из сферы производства в сферу потребления. Реализация товаров многочисленных производителей на рынке приводит к конкуренции между хозяйствующими субъектами. Как правило, рыночные взаимоотношения в значительной степени регулируются антимонопольным законодательством. Правила направлены на недопущение монополии отдельными хозяйствующими субъектами. Внешняя торговля РФ как по импорту, так и по экспорту значимым ограничениям не подвержена. Структура российского товарного экспорта и импорта за 2000-2018 гг. не претерпела существенных изменений [1].

Для оценки уровня конкуренции применяются различные количественные критерии такие, как, например, индекс концентрации, индекс Херфиндаля-Хиршмана [2], [3]. Внешняя торговля России распространяется более, чем на 40 стран. Однако ограничения торговли в виде «санкций», вводимые разными странами, приводят к возникновению преимуществ для отдельных групп стран [4].

Анализ статистических данных

Систематические статистические данные по внешней торговле РФ стали публиковаться с 1995 года. Комитетом по статистике РФ приводятся суммарные данные по экспорту и импорту, данные по странам и по позициям [5], [6]. Данные приводятся в стоимостном выражении, как в рублях, так и в валюте (доллары). Поскольку курс рубля по отношению к доллару не является стабильным на протяжении последних 30 лет, то проведение анализа рациональнее проводить исходя из долларовой оценки импорта и экспорта.

Сравнение динамики различных показателей торговли проводится не через абсолютные значения, а через относительные. При этом данные за «базовый» год принимаются равными единице. Такой подход позволяет сравнить между собой показатели, значительно отличающиеся друг от друга в стоимостном выражении. А кумулятивные зависимости в этом случае позволяют оценить динамику изменения показателей на длительном временном интервале. Реализованная продукция рассматривается как увеличение национального богатства, как стран импортеров, так и РФ как экспортера.

Измерение конкуренция в международной торговле можно произвести с использованием индекса концентрации и критерия Херфиндаля-Хиршмана [2], [7]. Коэффициент концентрации рынка CR_n измеряется в относительных долях и подсчитывается по формуле

$$CR_n = \frac{\sum_{k=1}^n V_k}{\sum_{k=1}^N V_k},$$

где – V_k ($k = 1, 2, \dots, N$) объем продаж k -ого субъекта на рынке, n – число самых крупных субъектов участников рынка, N – общее число хозяйствующих субъектов на рынке. На внутреннем рынке РФ законом «О защите конкуренции» используется индекс концентрации для $n=3$. Для этого показатели конкуренция на рынке считается «добросовестной», если $CR_3 < 0.5$.

Индекс Херфиндаля–Хиршмана учитывает доли всех субъектов и подсчитывается по формуле

$$H_N = \sum_{k=1}^N V_k^2.$$

Индекс Херфиндаля–Хиршмана не опускается ниже значения $1/N$, но не может превысить значения 1. Концентрация рынка считается низкой, если $H \in (0, 0.1)$, средней, если $H \in (0.1, 0.2)$, высокой, если $H \in (0.2, 1.0)$ [4], [5].

Между этими показателями есть связь, но полученные с их помощью оценки могут отличаться около пороговых значений. Рассмотренные количественные методы оценки уровня конкуренции не являются совершенными, зависят от конкретных рынков, новых технологий и способов производства и реализации продукции.

На рис. 1 приведены статистические данные (отмечены символом *) по годовой международной торговле РФ (весь экспорт и весь импорт) с 1995 по 2018 гг., а на рис. 2 – кумулятивные зависимости. Данные за 1995 год приняты равными единице. Символом «*» отмечены данные по экспорту, символом «o» – по импорту. Год финансового кризиса 2008 года на рис. 1 отмечен вертикальной пунктирной линией. Как следует из анализа статистических данных (рис. 1) спад торговли в 2008 году (по причине финансового кризиса) и в 2012 – 2016 (по причине санкций) в кумулятивных зависимостях не виден (рис. 2). То есть, несмотря на локальные падения объемов экспорта и импорта суммарный объем (кумулятивные данные) импорта и экспорта увеличивался.

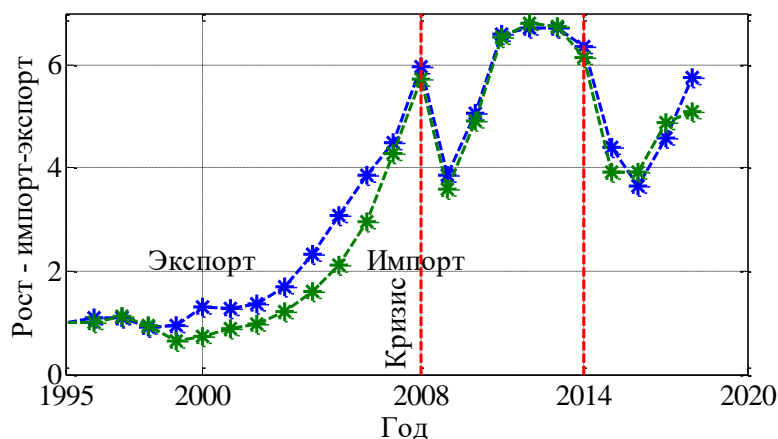


Рис. 1 – Годовые относительные показатели объемов экспорта и импорта. Данные за 1995 год приняты равными единице

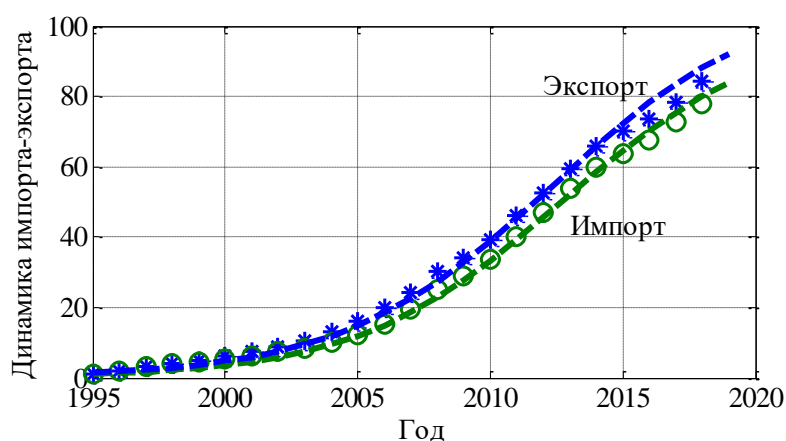


Рис. 2 – Кумулятивные показатели объемов экспорта и импорта. Данные за 1995 год приняты равными единицы

Как следует из анализа статистических данных кумулятивные показатели объемов экспорта и импорта хорошо описываются аналитической зависимостью [7], [8]

$$N = \frac{N_0 N^{\max}}{N_0 + (N^{\max} - N_0) e^{-\mu t}} \quad (1)$$

которая является решением дифференциального уравнения

$$\frac{dN}{dt} = \mu N \left(1 - \frac{N}{N^{\infty}} \right) \quad (2)$$

В соотношениях (1) и (2) N – количество реализованного продукта на момент времени t , N_0 – количество реализованного продукта до начального момента времени, N^{∞} – максимальное количество продукта, которое может быть реализовано на рынке в данном экономическом укладе, μ – удельная скорость роста реализованного продукта в начальный момент времени.

На рис. 2 зависимости (2) соответствуют пунктирные кривые с показателями $\mu = 0.25$ и $N^{\infty} = 100$. Как следует из уравнения (2) скорость накопления реализованной продукции пропорциональна произведению реализованной продукции и доле той продукции, которая еще может быть реализована.

Динамика экспорта в страны, в которые скорость поступления товаров растет наиболее быстро, приведена на рис. 3, а импорта – на рис. 4.

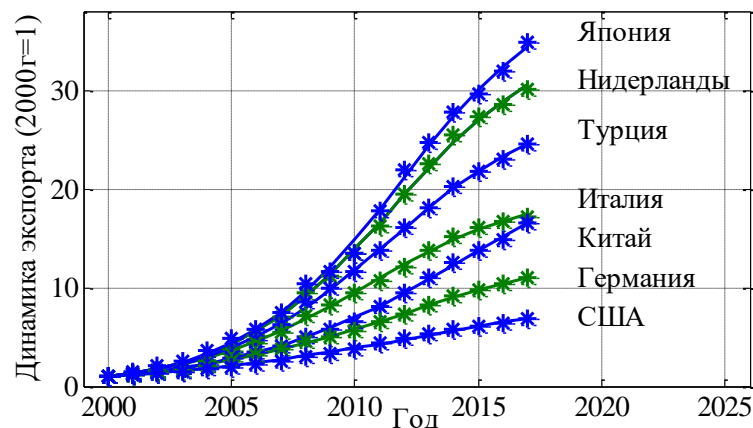


Рис. 3 – Экспорт из РФ (кумулятивные зависимости)

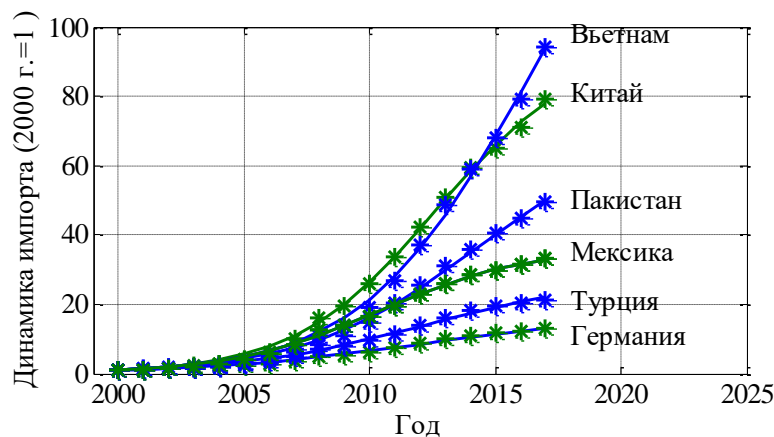


Рис. 4 – Импорт в РФ (кумулятивные зависимости)

Для импорта минимальное значение μ – 0.09 (Кипр, $N^{\infty} = 7.0$), максимальное – 0.35 (Китай, $N^{\infty} = 95$), минимальное значение N^{∞} – 1.8 (Бразилия, $\mu = 0.33$), максимальное – 155 (Вьетнам, $\mu = 0.32$). Как следует из анализа этих данных с наибольшими темпами на международный рынок РФ поступает продукция КНР, а наиболее открыт рынок для продукции Вьетнама (менее освоен). Импорт товаров в РФ сдвинут в сторону стран Азии (рис. 4). Это объясняется санкционной политикой стран Запада по импорту товаров в РФ [9], [10].

Для экспорта минимальное значение μ – 0.08 (Бразилия, $N^{\infty} = 10$), максимальное – 0.45 (Индия, $N^{\infty} = 15$), минимальное значение N^{∞} – 1.8 (Греция, $\mu = 0.13$), максимальное – 310 (США, $\mu = 0.25$). Как следует из анализа этих данных, с наибольшими темпами поступают товары в Индию, а с наименьшими темпами в Грецию.

Распределение долей импорта (кумулятивные значения на 2018 год) по группам стран приведено на рис. 5. Для экспорта эти данные отличаются не более, чем 12%. Более 60% всего экспорта и импорта падает на 9 стран из 53, представленных Росстатом [5].

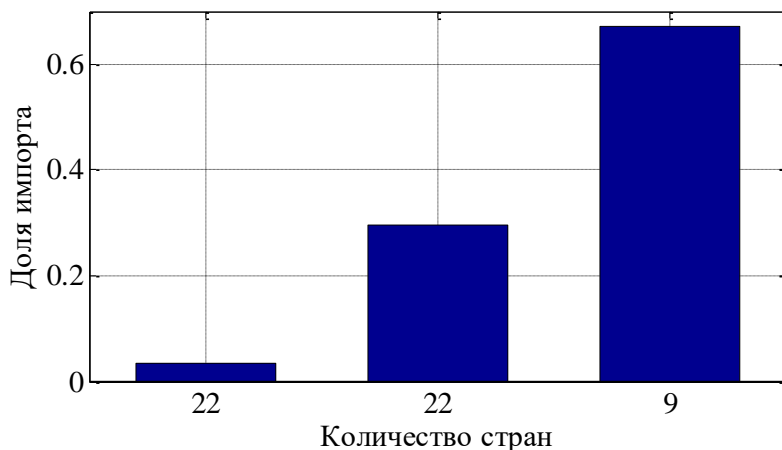


Рис. 5 – Распределение импорта по группам стран

Первые места по импорту последние 5 лет устойчиво занимают (в порядке убывания мест) Китай, Германия, США, Япония, Италия, Франция, Республика Корея, Великобритания, Нидерланды, Словакия, Таиланд, Испания. На Китай, Германию, США, Японию и Италию приходится более половины всего импорта. На рис. 6 приведена доля этих стран в общем импорте – в сумме 51% всего импорта. Около 45% общего экспорта занимают 5 стран: Нидерланды, Германия, Италия, Китай, Турция (рис. 7).

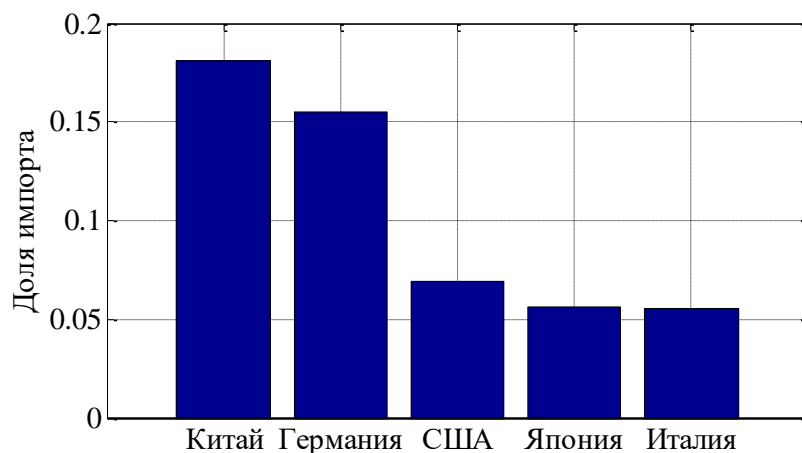


Рис. 6 – Доли пяти «первых» стран в импорте в РФ

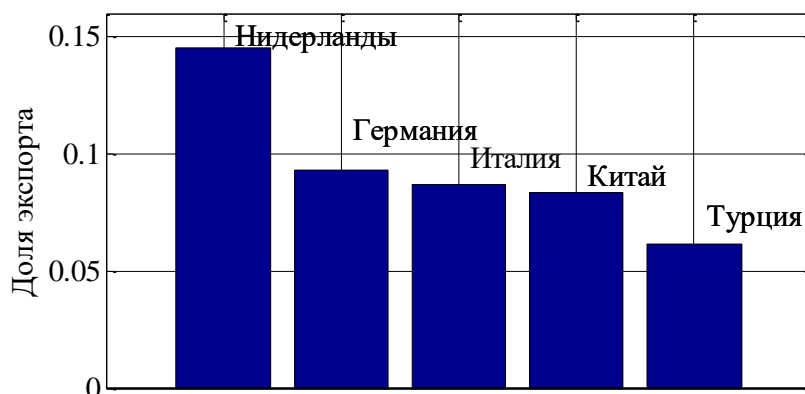


Рис. 7 – Доля пяти «первых» стран в экспорте РФ

Динамика изменения индекса Херфиндаля-Хиршмана для импорта и экспорта приведена на рис. 8. Пунктирные линии соответствуют годовым значениям, а сплошные линии – кумулятивным (годовым). Символами «*» и «о» отмечены расчетные годовые значения. Как следует из анализа расчетных данных расчетный «кумулятивный» индекс Херфиндаля-Хиршмана позволяет более точно определить направление изменения «уровня» конкуренции – начиная с 2006 года происходит его рост по направлению к пороговому значению 0.1.

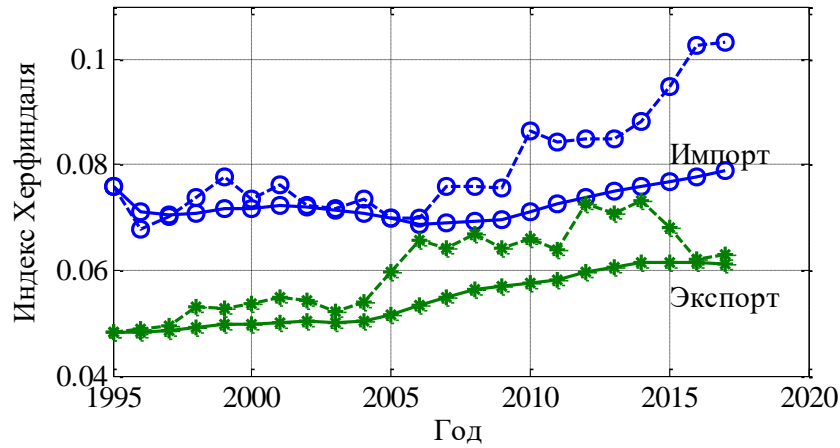


Рис. 8 – Индекс Херфиндаля-Хиршмана для импорта и экспорта

Модель эксплуатационной конкуренции

Анализ статистических данных по внешней торговле РФ с применением методов оценки конкуренции не приводит к выводу о наличии недобросовестной конкуренции. Вместе с этим сдвиг импорта от Запада к Востоку можно рассматривать как результат проявления конкуренции. Резкое изменение кумулятивных характеристик (рис. 2) не наблюдается. С учетом этого конкуренцию можно рассматривать как перераспределение реализованных товаров между потребителями, а не как вытеснение конкурентов с рынка «силовыми» методами. Этот вариант эксплуатационной конкуренции n субъектов описывает система уравнений [7], [11]

$$\begin{aligned} \frac{du_i}{dt} &= \mu_i u_i \left(\frac{S}{b_i + S} - \frac{u_i}{K_i} \right), \quad (i=1, 2, \dots, n), \\ \frac{dS}{dt} &= - \sum_{i=1}^n \gamma_i \frac{S}{b_i + S} u_i + \mu_S S \left(1 - \frac{S}{K_S} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

где n – число участников рынка, μ_i – удельные скорости роста объема продаж или потребления ресурсов субъектами, K_i – максимально возможное наполнение рынка, b_i – параметры, S – максимальное возможное количество ресурса, которое может быть реализовано всеми субъектами (экспорт), или потреблено (импорт).

Суммарные потребности могут изменяться с удельной скоростью μ_S и не превышать при отсутствии субъектов значения K_S , γ_i – параметры. Модель (3) не допускает гибель субъектов.

Имитация распределения участников импорта в РФ по долям предполагает построение распределения при различных значениях параметров, содержащихся модели (3), выбранных случайным образом из заданного диапазона. За значения параметров μ_S , K_S , μ_i и K_i ($i=1, 2, \dots, 50$) принимались значения, полученные из анализа статистических данных: $\mu_S \in [0.02, 0.05]$, $\mu_i \in [0.08, 0.50]$, $K_S \in [5, 20]$, $K_i \in [2, 120]$, $b_i \in [0.2, 0.5]$ (рис. 2 – рис. 4). На рис. 9 приведено ранжированное распределение долей импорта в РФ 50 стран на 2018 год. Символом «о» отмечены статистические данные, пунктирной линией расчетная зависимость долей (усредненная зависимость) для 500 вариантов выбора параметров. Распределение индекса Херфиндаля-Хиршмана приведено на рис. 10. Медиана распределения – 0.035.

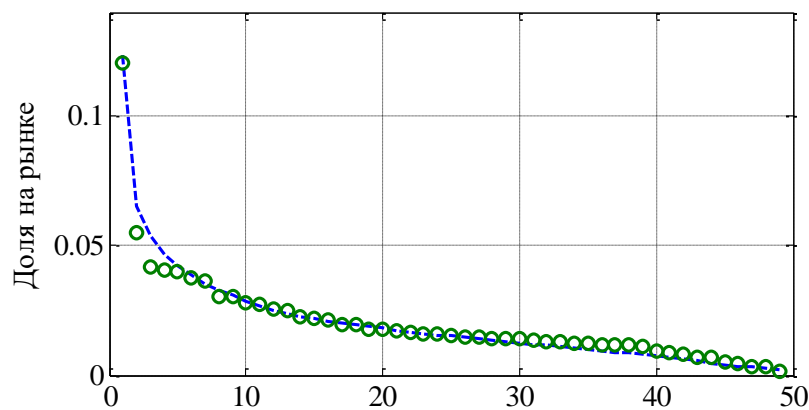


Рис. 9 – Распределение стран по долям в импорте в РФ

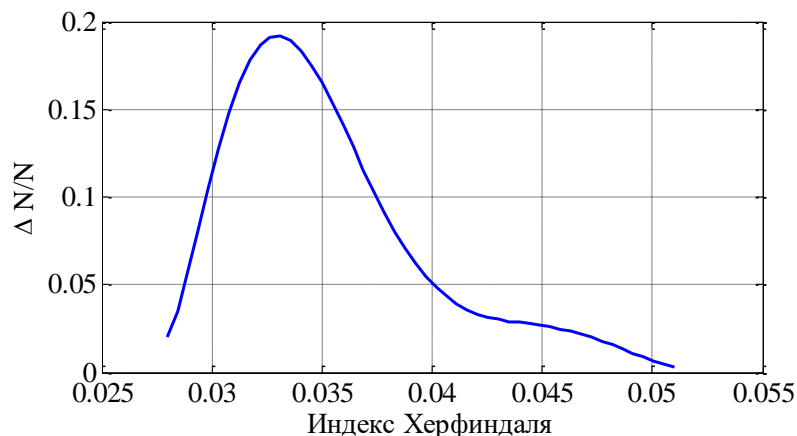


Рис. 10 – Распределение индекса Херфиндала-Хиршмана

Как следует из анализа теоретических результатов, распределение долей участников в широком диапазоне изменения параметров в среднем согласуется со статистическими данными (рис. 9). То есть, локальные изменения долей участников не влияют на глобальное распределение. Индекс Херфиндала-Хиршмана при максимальном значении 0.05 (рис. 9) характеризует рынок как неконцентрированный.

Заключение

Таким образом, как следует из анализа динамики внешней торговли РФ для оценки направления изменения показателей импорта и экспорта на длительном временном интервале целесообразнее использовать кумулятивные зависимости. Годовые темпы роста в этом случае определяются как производные к этим зависимостям. Кумулятивные зависимости статистических данных в первом приближении аппроксимируются логистическими зависимостями, по которым можно дать прогноз о вариантах оборотов на длительном временном интервале, о предельных возможностях отдельных стран по импорту и экспорту. Для оценки устойчивости динамики направления изменения конкуренции по импорту товаров на рынках РФ рациональнее ориентироваться на кумулятивные индексы концентрации и Херфиндала-Хиршмана.

Политика ограничений импорта в РФ одной группы стран приводит к увеличению импорта другой группы стран. Несколько «лидирующих» стран сохраняют групповое преимущество на длительном временном интервале. Динамика импорта товаров в РФ является устойчивой, несмотря на локальные во времени колебания. Количественные критерии оценивания конкуренции требуют усовершенствования.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Оболенский В.П. Внешняя торговля России на современном этапе / В.П. Оболенский // Российский внешнеэкономический вестник. – 2015. – № 11. – С. 46–53.
2. Горыня Е.В. Показатели конкуренции: внешняя торговля России / Е.В. Горыня, Е.А. Ефремова // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2016). Сборник трудов IX международной конференции. – 2016. – С. 101–104.
3. Пономарева Е.А. Оценка уровня концентрации отраслей высокого технологичного уровня экономики России / Е.А. Пономарева, Н.Ю. Ярошевич // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 3-2(61). – С. 166–170.
4. Клинова М., Сидорова Е. Экономические санкции и их влияние на хозяйственные связи России с Европейским союзом / М. Клинова, Е. Сидорова // Вопросы экономики. – 2014. – № 12. – С. 67–79.
5. Российский статистический ежегодник. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения 15.04.2022)
6. Марченкова Л.М. Внешняя торговля России: динамика и перспективы развития / Л.М. Марченкова, Н.В. Пьянова // Вестник ОрелГИЭТ. – 2015. – № 2(32). – С. 8–18.
7. Kolpak E.P. Mathematical modeling of competition indicators / E.P. Kolpak, E.V. Gorynya, S.A. Kabrits // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – Vol. 11. – № 8. – P. 689–697.
8. Караев А.К. Логистическая модель динамики развития информационных и экономических систем / А.К. Караев, В.В. Коновалов // Экономика. Налоги. Право. – 2011. – № 4. – С. 28–37.
9. Гладков И.С. Внешняя торговля России: тренды на этапе всеобщего кризиса 2020 г. / И.С. Гладков // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2021. – № 1 (29). – С. 11–19.
10. Меланьина М.В. Внешняя торговля России и ЕС: особенности в условиях санкций и цифровизации / М.В. Меланьина // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 8(121). – С. 203–206.
11. Андреева У.Ю. Математические модели конкуренции: интерференция и эксплуатация / У.Ю. Андреева, С.Г. Полина, Е.П. Колпак // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 1-2(52). – С. 30–36.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Obolenskiy V.P. Vneshnyaya trgovlya Rossii na sovremennom etape [Foreign trade in Russia at the present stage] / V.P. Obolenskiy // Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy vestnik [Russian Foreign Trade Bulletin]. – 2015. – № 11. – P. 46–53. [in Russian]
2. Gorynya E.V., Pokazateli konkurentsii: vneshnyaya trgovlya Rossii [Competition Indicators: Russia's Foreign Trade] / E.V. Gorynya, E.A. Efremova // Sovremennyye metody prikladnoy matematiki. teorii upravleniya i kompyuternykh tekhnologiy

- (PMTUKT-2016). Sbornik trudov IX mezhdunarodnoy konferentsii [Modern methods of applied mathematics, control theory and computer technology] (PMTUKT-2016). Collection of the IX International Conference]. – 2016. – P. 101–104. [in Russian]
3. Ponomareva E.A. Otsenka urovnya kontsentratsii otrasley vysokogo tekhnologichnogo urovnya ekonomiki Rossii [Assessment of the level of concentration of high-tech industries in the Russian economy] / E.A. Ponomareva, Y.Y. Yaroshevich // *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika* [Economy and Business: theory and practice]. – 2020. – № 3-2(61). – P. 166–170. [in Russian]
 4. Klinova M.. Ekonomicheskiye sanktsii i ikh vliyaniye na khozyaystvennyye svyazi Rossii s Evropeyskim soyuzom [Economic sanctions and their impact on Russia's economic ties with the European Union] / M. Klinova, E. Sidorova // *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics]. – 2014. – № 12. – P. – 67–79. [in Russian]
 5. Russian Statistical Yearbook. [Electronical Resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (accessed: 15.04.2022). [in Russian]
 6. Marchenkova L.M. Vneshnyaya trgovlya Rossii: dinamika i i perspektivy razvitiya [Russia's Foreign Trade: Dynamics and Development Prospects] / L.M. Marchenkova, N.V. Pianova // *Vestnik OrelGIET* [Bulletin of Orel State Institute of Electronic Technology]. – 2015. – № 2(32). – P. 8–18 [in Russian]
 7. Kolpak E.P. Mathematical modeling of competition indicators / E.P. Kolpak, E.V. Gorynya, S.A. Kabrits // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. – 2019. – Vol. 11. – № 8. – P. 689–697.
 8. Karayev A. K. Logisticheskaya model dinamiki razvitiya informatsionnykh i ekonomicheskikh sistem [Logistic model of the dynamics of information and economic systems] / A.K. Karayev, V.V. Kononov // *Ekonomika. Nalogi. Pravo* [Economics. Taxes. Law]. – 2011. – № 4. – P. 28–37. [in Russian]
 9. Gladkov I.S. Vneshnyaya trgovlya Rossii: trendy na etape vseobshchego krizisa 2020 g. [Russia's Foreign Trade: Trends in the 2020 Global Crisis] / I.S. Gladkov // *Ekonomicheskiye i sotsialno-gumanitarnyye issledovaniya* [Economic and Socio-Humanitarian Studies]. – 2021. – № 1(29). – P. 11–19. [in Russian]
 10. Melanina M.V. Vneshnyaya trgovlya Rossii i ES: osobennosti v usloviyakh sanktsiy i tsifrovizatsii [Foreign trade between Russia and the EU: specifics in the context of sanctions and digitalization] / M.V. Melanina // *Ekonomika i predprinimatelstvo* [Economy and Entrepreneurship]. – 2020. – № 8(121). – P. 203–206. [in Russian]
 11. Andreyeva U.Y. Matematicheskiye modeli konkurentsii: interferentsiya i ekspluatatsiya [Mathematical models of competition: interference and exploitation] / U.Y. Andreyeva, S.G. Polina, E.P. Kolpak // *Mezhdunarodnyy zhurnal humanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of the Humanitarian and Natural Sciences]. – 2021. – № 1–2(52). – P. 30–36. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.019>

О РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ ШРЁДЕРА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Научная статья

Кальницкий В.С.^{1,*}, Петров А.Н.²¹ ORCID: 0000-0002-3937-6078;² ORCID: 0000-0001-6853-5480;¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;² Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (st006987[at]spbu.ru)

Аннотация

Классификация обобщенных уравнений Бетхера второго порядка от двух аргументов, в результате классификационной теоремы, полученной ранее авторами, была сведена к 13 каноническим функциональным уравнениям, соответствующих орбитам действия общей линейной группы на пространстве тензоров типа (2,1), симметричных по ковариантным индексам. Оставшиеся не решенными пять канонических уравнений были сведены к вещественным уравнениям Шрёдера от одной переменной, которые интерпретируются как вопрос о вещественной сопряженности многочлена t^2 и некоторой рациональной функции (ядра). В данной статье для четырех уравнений доказана тривиальность любого непрерывного решения и для одного оставшегося уравнения доказана тривиальность вещественно-аналитического решения.

Ключевые слова: уравнение Бетхера, уравнение Шрёдера, функциональное уравнение.

ON THE SOLUTION OF THE SCHROEDER EQUATION OF A SPECIAL FORM

Research article

Kalnitsky V.P.^{1,*}, Petrov A.N.²¹ ORCID: 0000-0002-3937-6078;² ORCID: 0000-0001-6853-5480;¹ Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia;² Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulyov, Saint-Petersburg, Russia

* Corresponding author (st006987[at]spbu.ru)

Abstract

The classification of the generalized second-order Böttcher's equations from two arguments, as a result of the classification theorem established earlier by the authors, was reduced to 13 canonical functional equations corresponding to the orbits of the action of a general linear group on the space of tensors of type (2,1) symmetric by covariant indices. The remaining five canonical equations were reduced to the real Schröder equations of one variable, which are interpreted as a question of the real conjugacy of the polynomial t^2 and some rational function (kernel). In this article, the triviality of any continuous solution is proved for four equations and the triviality of a real-analytical solution is proved for one remaining equation.

Keywords: Böttcher's equation, Schröder's equation, functional equation.

Основные определения

В работе авторов [1] было завершено исследование решений обобщенных уравнений Бетхера [2] второго порядка от двух аргументов, начатое ранее в [3]. С использованием метода базовых решений [4] были описаны классы гладких решений таких уравнений, определенных на некоторой конической области с вершиной в начале координат. Решающим оказался метод прямого описания орбит действия общей линейной группы на пространстве тензоров типа (2,1), симметричных по ковариантным индексам. Было доказано, что любое обобщенное уравнение Бетхера второго порядка приводит к одному из тринадцати типов уравнений, соответствующих тензорам, названных авторами каноническими. Часть обобщенных уравнений Бетхера была решена полностью и оставшаяся часть сведена к трём однопараметрическим и двум двухпараметрическим семействам функциональных уравнений Шрёдера [5] от одной переменной, которые удалось решить лишь частично, опираясь на методы, описанные в работах [6], [7], [8].

Определение 1 [1, С. 217]. Функциональное уравнение вида

$$sf(t) = f(\varphi(t)),$$

где s – константа, $s \neq 0, 1$, φ – функция с областью определения $D \subset \mathbb{R}$, называется уравнением Шрёдера. Функция $\varphi(t)$ называется *ядром*. Решение ищется в классе непрерывных на \mathbb{R} функций.

В нашем исследовании функция φ – функция вещественного аргумента. В дальнейшем мы будем предполагать, что область задания ядра является всей прямой без конечного множества точек $D = \mathbb{R} \setminus \{t_1, \dots, t_n\}$. Решение уравнения Шрёдера в комплексном случае обсуждается, например, в [2].

Определение 2. Композицию k функций $\varphi \circ \varphi \circ \dots \circ \varphi$ будем называть *композиционной степенью* и обозначать φ^k . При этом $\varphi^0(t) = t$, φ^{-1} – обратная функция, если она существует.

Определение 3. *Орбитой* точки t называется множество $\Omega^+ = \{\varphi^k\}_{k=0}^{\infty}$, если эта точка входит в области задания указанных композиционных степеней.

Композиционные степени ядра имеют различные естественные области задания и области значений, меняющиеся с изменением степени. Это обстоятельство затрудняет анализ и мы определим новое отображение.

Рассмотрим топологическое вложение

$\theta: \mathbb{R} \rightarrow K$ в компакт.

Определение 4. Непрерывное отображение $\bar{\varphi}: K \rightarrow K$ будем называть *расширенным ядром*, если $\bar{\varphi}(\theta(t)) = \theta(\varphi(t))$ для всех $t \in D$ из области задания ядра.

Определение 5. Ядро φ будем называть *простым*, если

- 1) ядро допускает расширение $\bar{\varphi}$ на компакт,
- 2) для каждого непрерывного на \mathbb{R} решения f уравнения Шрёдера

$$sf(t) = f(\varphi(t))$$

существует непрерывное на компакте решение F уравнения

$$sF(p) = F(\bar{\varphi}(p)),$$

такое что

$$F(\theta(t)) = f(t) \text{ на } \mathbb{R}.$$

Заметим, что если есть решение компактифицированной задачи, то формула $f(t) = F(\theta(t))$ задает непрерывное решение исходного уравнения Шрёдера, определенное на \mathbb{R} .

В виду следующей теоремы, нашей целью будет являться поиск условий на ядра, гарантирующие их простоту.

Теорема 1. Уравнение Шрёдера с константой $s > 1$ и простым ядром не имеет нетривиальных непрерывных на \mathbb{R} решений.

Доказательство. Рассмотрим компактификацию уравнения Шрёдера. Любое его непрерывное решение F является ограниченным на компакте $|F| \leq M$. В силу основного уравнения, для любого $k \in \mathbb{N}$ и любой точки p компакта K верна оценка

$$|F(p)| = \left| \frac{1}{s^k} F(\bar{\varphi}^k(p)) \right| \leq \frac{M}{s^k} \rightarrow 0$$

Следовательно, любое решение исходного уравнения, по определению обязанное иметь непрерывное расширение, с необходимостью тривиально.

Примеры расширенных ядер $\bar{\varphi}$

Рассмотрим стереографическую проекцию θ оси Ox плоскости xOy на окружность $S = \{x^2 + y^2 = 1\}$ без полюса $p_0 = (0, 1)$

$$\theta: \mathbb{R} \rightarrow S \setminus \{p_0\}.$$

Пусть непрерывное на своей области определения ядро φ имеет на \mathbb{R} конечное число неустранимых разрывов $\{t_1, \dots, t_n\}$. Доопределим ядро в точках устранимых разрывов.

Теорема 2. Если выполнены условия

- а) существуют (конечные или бесконечные) пределы $\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t)$, $\lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t)$ и, если они конечные, то

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t) = a$$

- б) для любой неустранимой точки разрыва t_k

$$\lim_{t \rightarrow t_k + 0} \varphi(t) = \infty, \quad \lim_{t \rightarrow t_k - 0} \varphi(t) = \infty,$$

где бесконечности могут быть любого знака, то отображение $\bar{\varphi}: S \rightarrow S$ окружности в себя, заданное правилом

$$\bar{\varphi}(p) = \begin{cases} \theta(\varphi(\theta^{-1}(p))), & p \neq p_0, p \neq \theta(t_k), k = 1, \dots, n; \\ p_0, & p = \theta(t_k), k = 1, \dots, n; \\ \theta(a) \text{ или } p_0, & p = p_0, \end{cases}$$

является непрерывным в стандартной топологии.

Доказательство. В силу того, что стереографическая проекция и ядро являются непрерывными на своих областях определения, для доказательства непрерывности расширенного ядра достаточно доказать его непрерывность в полюсе и образах точек разрыва.

а) Непрерывность в полюсе. Рассмотрим последовательность точек сходящуюся к полюсу с одной стороны, т.е. лежащие в одной дуге между полюсом и образом нуля. Их стереографическая проекция является последовательностью чисел одного знака стремящейся к $+\infty$ либо $-\infty$. Под действием ядра эта последовательность перейдет в сходящуюся последовательность с пределом равным a или ∞ . Таким образом, значение расширенного ядра в полюсе будет равно пределу слева и справа значений ядра спроектированных на окружность.

б) Непрерывность в точке $\theta(t_k)$. Аналогично, односторонний предел отобразится на прямой в последовательность, сходящуюся к t_k . Ядро преобразует в последовательность чисел одного знака стремящейся к $+\infty$ либо $-\infty$, чьи образы сходятся к полюсу при стереографической проекции.

Достаточные условия простоты ядра

Теорема 3. Если ядро удовлетворяет условиям теоремы 2, т.е. допускает расширение $\bar{\varphi}: S \rightarrow S$, и

а) $\bar{\varphi}(p_0) \in \theta(\mathbb{R})$

или

б) существует $t_0 \in \mathbb{R}$ такое, что $\lim_{t \rightarrow t_0 \pm 0} \varphi(t) = \pm\infty$ или $\mp\infty$,

то ядро простое.

Доказательство. Достаточно доказать, что любое непрерывное решение f уравнения Шрёдера допускает непрерывное расширение на всю окружность. Композиция $F(p) = f(\theta^{-1}(p))$ задает непрерывное на всей окружности, кроме полюса p_0 , решение уравнения $F(p) = \frac{1}{s} F(\bar{\varphi}(p))$.

а) Рассмотрим окрестность U точки $\bar{\varphi}(p_0) \in \theta(\mathbb{R})$, не содержащей полюс p_0 . По непрерывности расширенного ядра

$\bar{\varphi}$, найдется окрестность полюса $V \subset \theta(D)$, образ которой будет содержаться в рассмотренной окрестности $\bar{\varphi}(V) \subset U$ и для всех точек $p \in V \setminus p_0$

$$F(p) = f(\theta^{-1}(p)) = \frac{1}{s} f(\varphi(\theta^{-1}(p))) = \frac{1}{s} f(\theta^{-1}(\bar{\varphi}(p))) = \frac{1}{s} F(\bar{\varphi}(p)),$$

т.е. после доопределения значения функции F в полюсе значением $\frac{1}{s} f(\theta^{-1}(\bar{\varphi}(p_0)))$, решение F станет непрерывным отображением также и в полюсе.

б) Это условие означает, что односторонние пределы к точке $\theta(t_0)$ под действием расширенного ядра переходят в односторонние пределы, сходящиеся к полюсу с разных сторон. В силу уравнения Шрёдера, доопределение функции F в полюсе $F(p_0) = sf(t_0) = sF(\theta(t_0))$ задает непрерывную функцию на окружности.

Решение канонических уравнений

Завершение описания гладких общих решений уравнений Бетхера второго порядка [1] состоит в решении пяти оставшихся не решенными канонических уравнений. Они сводятся к пяти семействам уравнений Шрёдера, $s = 2$:

i) При $\gamma < -\frac{1}{4}$

$$2f(t) = f\left(1 + \frac{\gamma}{t}\right).$$

ii) При $\gamma \neq 0$,

$$2f(t) = f\left(\frac{\alpha}{2}t + \frac{\gamma}{2t}\right).$$

iii) При $\gamma \neq 0, (\alpha - 2)\gamma < 0, \gamma_0 = \pm\sqrt{\frac{\gamma}{2-\alpha}}$

$$2f(t) = f\left(\frac{\alpha t^2 + 2\alpha\gamma_0 t - 2\gamma_0 t}{2t + 2\gamma_0}\right).$$

iv) При $\gamma \neq 0, (\alpha - 2)\gamma > 1$,

$$2f(t) = f\left(\frac{\alpha}{2}t + \frac{\gamma}{2t} + 1\right).$$

v) При $\gamma \leq \frac{1}{4}, \gamma \neq 0$, γ_0 – корень уравнения $t^2 + \gamma = t$

$$2f(t) = f(t^2 + 2\gamma_0 t).$$

Применим к перечисленным семействам ядер доказанные теоремы.

I. $\varphi(t) = 1 + \frac{\gamma}{t}$, $\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t) = 1$, $\lim_{t \rightarrow \pm 0} \varphi(t) = \pm \infty$. Таким образом, согласно теореме 2 ядро допускает расширение и согласно теореме 3, пункт б), является простым. Можно применить и пункт а) теоремы 3, т.к. $\bar{\varphi}(p_0) = \theta(1)$. Непрерывные уравнения Шрёдера тривиальны.

II. $\varphi(t) = \frac{\alpha}{2}t + \frac{\gamma}{2t}$, $\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t) = \infty$, $\lim_{t \rightarrow \pm 0} \varphi(t) = \pm \infty$. Аналогично, согласно теореме 2 ядро допускает расширение и согласно теореме 3, пункт б), является простым. Непрерывные уравнения Шрёдера тривиальны.

III. $\varphi(t) = \frac{\alpha t^2 + 2\alpha\gamma_0 t - 2\gamma_0 t}{2t + 2\gamma_0}$, $\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t) = \infty$, $\lim_{t \rightarrow -\gamma_0 \pm 0} \varphi(t) = \pm \infty$. Непрерывные уравнения Шрёдера тривиальны.

IV. $\varphi(t) = \frac{\alpha}{2}t + \frac{\gamma}{2t} + 1$, $\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t) = \infty$, $\lim_{t \rightarrow \pm 0} \varphi(t) = \pm \infty$. Непрерывные уравнения Шрёдера тривиальны.

V.

VI. $\varphi(t) = t^2 + 2\gamma_0 t$, $\lim_{t \rightarrow +\infty} \varphi(t) = \lim_{t \rightarrow -\infty} \varphi(t) = \infty$, $D = \mathbb{R}$. Это ядро допускает расширение, но критерии простоты не выполнены. В классе непрерывных решений это уравнение остается нерешенным.

Исследование ядра $\varphi(t) = t^2 + 2\gamma_0 t$ в вещественно-аналитическом случае.

Теорема 4. Вещественно-аналитическое решение уравнения Шрёдера (v) на прямой с ядром $\varphi(t) = t^2 + 2\gamma_0 t, s = 2$ тривиально.

Доказательство. Точка $t = 0$ является неподвижной точкой ядра, следовательно $f(0) = 0$. Рассмотрим ряд Тейлора решения уравнения Шрёдера $f(t) = \sum_{i=1}^{\infty} a_i t^i$. Запишем уравнение

$$\sum_{i=1}^{\infty} a_i t^i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{\infty} a_i (t^2 + 2\gamma_0 t)^i.$$

Первое соотношение при сравнении коэффициентов при степенях имеет вид $a_1 = \gamma_0 a_1$, которое может дать ненулевой коэффициент лишь при $\gamma_0 = 1$. Но, γ_0 является корнем уравнения $t^2 - t + \gamma = 0$, т.е. при $\gamma = 0$, но этот случай исключен из рассмотрения. Следовательно, $a_1 = 0$.

Если при некоторых ограничениях на γ_0 все коэффициенты a_1, \dots, a_k оказались равными нулю, то уравнение на коэффициент a_{k+1} приобретает вид

$$a_{k+1} = \frac{1}{2} a_{k+1} (2\gamma_0)^{k+1},$$

которое влечет $a_{k+1} = 0$, если $\gamma_0 \neq 2^{-\frac{k}{k+1}}$. Итак, если $\gamma_0 \neq 2^{-\frac{k}{k+1}}$ ни при каком k , то ряд тривиален. В частности, вещественно-аналитическое решение тривиально при условии $\gamma_0 < 0$ или $\gamma_0 > \frac{1}{2}$.

Рассмотрим условие $0 < \gamma_0 \leq \frac{1}{2}$. Заметим, что в этом случае

$$\varphi([- \gamma_0, 0]) \subset [- \gamma_0^2, 0] \subset [- \gamma_0, 0].$$

Таким образом, мы получили уравнение Шрёдера на компакте, что влечет тривиальность его непрерывных решений, а в случае вещественной аналитичности тривиальность на промежутке влечет тривиальность решения на всей оси.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Кальницкий В.С. Классификация обобщенных уравнений Бетхера второго порядка / В.С. Кальницкий, А.Н. Петров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4(106). – С. 11–19.
2. Кальницкий В.С. Локальные гладкие сопряжения эндоморфизмов Фробениуса / В.С. Кальницкий, А.Н. Петров // Записки науч. сем. ПОМИ. – 2018. – Т. 476. – С. 111–124.
3. Кальницкий В.С. Связь уравнения Бетхера с параметризованным интегралом Пуассона / В.С. Кальницкий, А.Н. Петров // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. – 2018. – № 5(63). – С. 614–622.
4. Нечепуренко М.И. Итерации вещественных функций и функциональные уравнения / М.И. Нечепуренко. – Новосибирск, 1997. – 228 с.
5. Schroeder E. Über iterirte Funktionen / E. Schroeder // Math. Ann. – 1871. – № 3. – P. 296–322.
6. Пелюх Г.П. Метод инвариантов в теории функциональных уравнений / Г.П. Пелюх, А.Н. Шарковский // Праці Інституту математики НАНУ. – 2013. – Т. 95. – 255 с.
7. Dyjak C. BV-solution of a linear functional equation / C. Dyjak // Publ. Math. – 1986. – № 1–2. – P. 83–85.
8. Matkowski J.A. Solutions of bounded variation of a linear functional equation / J.A. Matkowski, M.A. Zdun // Aequat. Math. – 1974. – № 2–3. – P. 223–235.
9. Efthimiou C. Introduction to Functional Equations: Theory and Problem-Solving Strategies for Mathematical Competitions and Beyond / C. Efthimiou. – AMS, 2011. – 363 p.
10. Еременко А.Э. О некоторых функциональных уравнениях, связанных с итерацией рациональных функций / А.Э. Еременко // Алгебра и анализ. – 1989. – Т. 1. – Вып. 4. – С. 102–116.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kalnitsky V.S. Klassifikacija obobshchennykh uravnenij Betherera vtorogo porjadka [Classification of the Generalized Böttcher Equation of the Second Order] / V.S. Kalnitsky, A.N. Petrov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – 2021. – № 4(106). – P. 11–19. [in Russian]
2. Kalnitsky V.S. Lokal'nye gladkie sopryazhenija jendomorfizmov Frobeniusa [Local smooth conjugations of Frobenius endomorphisms] / V.S. Kalnitsky, A.N. Petrov // Zapiski nauch. sem. POMI [Journal of mathematical sciences]. – 2020. – Vol. 251. – № 4. – P. 503–511. [in Russian]
3. Kalnitsky V.S. Svjaz' uravnenija Betherera s parametrizovannym integralom Puassona [Relation of the Böttcher Equation with the parametrized Poisson Integral] / V.S. Kalnitsky, A.N. Petrov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Matematika. Mehanika. Astronomija. [Vestnik St. Petersburg University: Mathematics]. – 2018. – № 51(4). – P. 373–379. [in Russian]
4. Nechepurenko M.I. Iteracii veshhestvennykh funkciij i funkcional'nye uravnenija [Real functions iterations and functional equations]. – Novosibirsk, 1997. – 228 p. [in Russian]
5. Schroeder E. Über iterirte Funktionen [About iterated functions] / E. Schroeder // Math. Ann. – 1871. – № 3. – P. 296–32. [in German]
6. Peluh G.P. Metod invariantov v teorii funkcional'nyh uravnenij [Method of invariants in the functional equations theory] / G.P. Peljuh, A.N. Sharkovskij // Praci Institutu matematiki NANU [Praci institutu matematiki NAS Ukrainy]. – 2013. – Vol. 95 – 255 p. [in Russian]
7. Dyjak C. BV-solution of a linear functional equation / C. Dyjak // Publ. Math. – 1986. – № 1–2. – P. 83–85.
8. Matkowski J.A. Solutions of bounded variation of a linear functional equation / J.A. Matkowski, M.A. Zdun // Aequat. Math. – 1974. – № 2–3. – P. 223–235.
9. Efthimiou C. Introduction to Functional Equations: Theory and Problem-Solving Strategies for Mathematical Competitions and Beyond / C. Efthimiou. – AMS, 2011. – 363 p.
10. Eremenko A.E. O nekotoryh funkcional'nyh uravnenijah, svjazannyh s iteraciej racional'nyh funkciij [On some functional equations related to the iteration of rational functions] / A.E. Eremenko // Algebra i analiz [Algebra and Analysis]. – 1989. – Vol. 1. – Iss. 4. – P. 102–116. [in Russian]

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНГЛИЙСКИХ ВЕТЕРИНАРНЫХ ТЕРМИНОВ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ПРОИЗВЕДЕНИИ И ИХ ПЕРЕВОДА НА РУССКИЙ ЯЗЫК (НА МАТЕРИАЛЕ ПОВЕСТИ «EVERY LIVING THING» J. HERRIOT)

Научная статья

Ширлина Е.Н.^{1,*}, Сидорова Е.Н.²

¹ ORCID: 0000-0001-7397-6985;

² ORCID: 0000-0002-1550-1145;

¹⁻² Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (shirl2005[at]yandex.ru)

Аннотация

Статья посвящена анализу особенностей функционирования, семантизации и перевода на русский язык английских ветеринарных терминов в контексте художественного произведения. В ней рассматриваются основные факторы, влияющие на выбор терминологических вариантов, частотность, способ введения терминов, такие как место, образ героя, прозрачность или непрозрачность внутренней формы термина, его происхождение, контекст и степень осведомленности читателя. В результате было выявлено, что расхождения в передаче ветеринарных терминов в текстах оригинала и перевода обусловлены не только различиями в терминосистемах, но и стремлением переводчика к последовательной реализации информативной функции наряду со стилистической. Были выявлены три группы терминов в зависимости от их доминирующей функции, а также сделан вывод о большей эксплицитности перевода на русский язык.

Ключевые слова: терминология, художественное произведение, перевод, ветеринария.

SPECIFICS OF ENGLISH VETERINARY TERMS IN FICTION AND THEIR TRANSLATION INTO RUSSIAN (ON THE EXAMPLE OF THE STORY «EVERY LIVING THING» BY J. HERRIOT)

Research article

Shirlina E.N.^{1,*}, Sidorova E.N.²

¹ ORCID: 0000-0001-7397-6985;

² ORCID: 0000-0002-1550-1145;

¹⁻² Russian State Agrarian University, Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

* Corresponding author (shirl2005[at]yandex.ru)

Abstract

The article is dedicated to the analysis of the specifics of functioning, semantization and translation of English veterinary terms into Russian in fiction. It examines the main factors influencing the choice of terminological options, frequency, method of terms' introduction, such as place, image of the hero, transparency or opacity of the internal form of the term, its origin, context and the degree of reader's awareness. As a result, it was established that the discrepancies in the transmission of veterinary terms in the original and in the translation are due not only to differences in terminology systems, but also to the translator's desire to consistently implement the informative function along with the stylistic one. Three groups of terms were listed depending on their dominant function, and a conclusion was made about the greater explicitness of the translation into Russian.

Keywords: terminology, fiction, translation, veterinary medicine.

Введение

Статья посвящена ветеринарной терминологии в художественной литературе как переводческой проблеме. Широкое распространение научных знаний способствует растущему интересу общества к особенностям профессиональной деятельности специалистов в различных областях. Это обуславливает появление художественных произведений, описывающих определённую профессиональную сферу и изобилующих специальной лексикой. Перед переводчиком встаёт задача передать научные знания и при этом сохранить эстетический потенциал исходного текста.

В данной статье приводится анализ ветеринарных терминов в повести «Среди Йоркширских холмов» британского писателя-ветеринара Джеймса Хэрриета с точки зрения современных подходов к изучению терминологических единиц в художественных произведениях, а также способа объяснения их значения и приёмов их перевода на русский язык. Эти задачи реализуются с помощью описательного и сравнительно-сопоставительного анализа оригинального текста и его перевода.

Согласно определению, данному в «Лингвистическом энциклопедическом словаре», термин – это «слово или словосочетание, обозначающее понятие специальной области знания или деятельности» [2]. Термины обладают такими признаками, как принадлежность к конкретной терминосистеме, тенденция к моносемантичности и наличие дефиниции.

Точность передачи терминов является обязательным условием адекватного перевода специальных текстов. Одна из трудностей перевода терминологической лексики заключается в том, что она больше не относится исключительно к текстам научного стиля. Ещё С. Влахов и С. Флорин отмечали, что трудовая деятельность играет крайне важную роль в жизни человека, и как следствие для правдоподобного изображения действительности в художественном произведении используется специальная лексика из специальных областей научного знания, например, из ветеринарии. В ветеринарной терминологии также, как в медицинской, можно выделить три основные подгруппы: анатомическую

(органы животного и их функции), фармацевтическую (названия лекарственных препаратов) и клиническую (названия болезней, их симптомы, болезненные состояния) [6].

В качестве основной трудности перевода терминов в художественном тексте С. Влахов и С. Флорин называют омонимию между научным и общезыковым названием [1, С. 275]. Ещё одна потенциальная проблема – это прозрачная внутренняя термина в языке оригинала, которая может ввести переводчика в заблуждение, поскольку совпадение внутренней формы в исходном языке и языке перевода представляет собой достаточно редкое явление [1, С. 276-277].

Наряду с трудностями перевода терминов в целом (синонимия, аббревиатуры, эпонимы, различия в определённой научной области, существующие в разных странах, ложные друзья переводчика) переводчик также должен чётко понимать, какую функцию выполняет термин в данном тексте или фрагменте текста.

Основной функцией термина в научном тексте является номинативная, или указание на конкретное понятие. Однако следует отметить, что в отрыве от своей естественной среды функционирования научные термины начинают выполнять дополнительные функции, при этом не теряя и своего предметного значения [1, С. 275]. Таким образом, роль терминов в художественном тексте не сводится к выполнению стилистической функции. Они служат для сообщения информации, описания аспектов реальности, представленных в художественном произведении, характеристики персонажей.

А.А. Самохина различает стилистически нагруженные термины и термины, лишённые стилистической нагрузки [6, С. 9]. Первые реализуют в тексте прагматическую функцию, а вторые участвуют в создании стилистических приёмов. В соответствии с этим будут отличаться и способы перевода таких терминов.

Принцип, по которому термин следует переводить термином, не всегда работает применительно к художественному переводу, поскольку в нём общезыковое слово может использоваться в качестве термина, а термин – как общезыковое слово [1, С. 278]. По этой причине термин в художественном тексте необязательно переводить соответствующим эквивалентом. Иногда для адекватного перевода достаточно сохранить научный стиль речи персонажа или повествования [1, С. 279]. При отсутствии полного эквивалента в языке перевода допустимо использовать такие приёмы, как, например, гипо-гиперонимический перевод, поскольку точность передачи информации не всегда важна.

Термины могут играть в художественном тексте роль оживших метафор. В этом случае переводчику «приходится добиваться соответствия по обеим линиям: терминологической и фразеологической» [1, С. 283]. Иногда для достижения адекватности переводчику приходится создавать окказиональный термин или образное выражение с сохранением терминологического характера, реализуя тем самым приём компенсации.

На выполнение термином стилистической функции может указывать, в частности, использование уменьшительно-ласкательных суффиксов, а также общеупотребительных, иногда разговорных, глаголов и имён прилагательных [3, С. 39]. «Контрастное сочетание научного, эстетически «холодного» термина с фамильярно-разговорным словом (глаголом) усиливает выразительность текста» [3, С. 39].

Термины также различаются по степени понятности читателю и способу их ввода в художественный текст. На этом основании можно выделить прозрачные/непрозрачные термины и объяснённые/необъяснённые термины [6, С. 9]. Прозрачные термины известны читателю и поэтому не нуждаются в объяснении. В тексте они служат для передачи информации [6, С. 9].

Непрозрачные необъяснённые термины также способны передавать информацию, но лишь в рамках целого информативного блока [6, С. 9]. В данном случае переводчик может передать самое общее значение термина или оставить его без пояснений, если на первый план выходит стилистическая функция (например, создание иронии), а не информативная. Значение непрозрачного объяснённого термина может раскрываться в самом тексте или в затекстовом комментарии.

А.А. Самохина выделяет четыре способа объяснения непрозрачного термина в художественном тексте: с помощью синонимов разной степени точности, раскрытие значения путём движения от частного к общему (индукция), использование образности или объяснение значения путём использования других, прозрачных или полупрозрачных, терминов [6, С. 10]. Например, используя индукцию, автор называет ряд признаков, который постепенно приводит к пониманию термина. С помощью непрозрачных объяснённых терминов автор может выполнять различные задачи, например, сообщать читателю необходимую для понимания событий информацию, раскрывать характер персонажа или даже создавать напряжённость повествования [6, С. 10].

А.А. Самохина отмечает, что в текстах художественной литературы также встречаются прозрачные объяснённые термины. Они выполняют стилистическую функцию или информируют читателей о степени осведомлённости героя и т.д. [6, С. 11].

Исследователь также обращает внимание на зависимость тематики произведения от стилистической нагруженности термина и количества терминов в тексте. Так, в текстах, тема которых не связана с наукой, термины являются стилистически нагруженными [6, С. 14-15]. Стилистически немаркированных терминов больше всего в информативном регистре текста, т.е. в описании профессиональной ситуации [6, С. 15].

Нередко термины имеют общелитературные синонимы, например, разговорные названия болезней. При этом научный термин имеет непрозрачную внутреннюю форму, поскольку происходит из латинского или греческого языка. Общезыковые синонимы, как правило, отличаются более широким значением [1, С. 285].

Влияние на выбор способа перевода может оказывать и частеречная принадлежность термина. Термины в художественном произведении могут быть представлены не только именами существительными или словосочетаниями на их основе, но и другими частями речи, например, глаголами. Е. В. Панаева выделяет собственно терминологические глаголы (анатомировать, тампонировать) и глаголы, которые пришли из общелитературного языка (пульс падает, (кровь) сворачивается) [4]. Имена прилагательные с терминологическим значением образуют свободные (операционный, хирургический, стерильный) или несвободные сочетания (зрительный нерв, белая горячка) с именами существительными [4].

В произведении можно встретить и профессиональные жаргонизмы, которые дублируют официальную терминосистему, поскольку «в рутинном профессиональном общении так называемые «громоздкие», или многокомпонентные, термины права слишком длинны, неудобны, семантически избыточны и академически сухи,

чтобы обеспечить оперативное, относительно неформальное и поэтому эмоционально нагруженное общение в этом коммуникативном поле» [5, С. 72].

Для анализа была выбрана повесть «Среди Йоркширских холмов» («Every Living Thing», 1992) английского писателя-ветеринара Джеймса Хэрриота (James Herriot) и её перевод на русский язык, выполненный И.Г. Гуровой. Произведения автора характеризуются широким использованием терминологии ветеринарной медицины, так как рассказ ведётся от лица сельского ветеринара, который делится с читателями опытом из своей практики.

В нём представлены все терминологические группы, относящиеся к медицине и ветеринарии: анатомическая (например, stomach wall – стенка желудка), клиническая (например, diabetes – диабет) и фармацевтическая (например, insulin – инсулин). Такое разнообразие терминологической лексики можно объяснить тем, что главная функция ветеринарных терминов в романе – характеристика главного героя как представителя конкретной профессии. Термины относятся к разным речи с абсолютным преобладанием имён существительных.

Изучив художественный текст, мы пришли к выводу о том, что несмотря на всё многообразие приведённые в тексте термины можно разделить на три основные группы в соответствии с их доминирующей функцией, которая, в свою очередь, влияет на способ перевода:

- 1) примеры, подчёркивающие профессионализм героя-ветеринара и выполняющие стилистическую функцию;
- 2) примеры, в которых термины из области ветеринарии сообщают важную для читателя информацию;
- 3) примеры, объединяющие эти две функции.

В первом случае в оригинале используются латинские термины, которые приводятся без объяснения. Они нередко вступают в стилистический диссонанс со своим контекстом, в котором встречаются обиходная, иногда стилистически окрашенная лексика и разговорные синтаксические конструкции. Для перевода таких терминов используются их латинские или русские эквиваленты. Для второй ситуации характерно использование обиходных названий медицинских явлений либо сопутствующий объяснительный перевод. В третьем случае автор создаёт образ героя с помощью контраста между его профессиональными знаниями и неосведомлённостью других персонажей. Значение термина раскрывается благодаря синонимам или индукции.

Проиллюстрируем каждую из этих групп примерами.

1. I nearly rubbed my hands. Urticaria. It usually cleared up spontaneously, but an injection hastened the process and I had a new antihistamine drug to try out – it was said to be specific for this sort of thing. Anyway, it was the kind of situation where it was easy for the vet to look good [8].

Мне просто руки хотелось потереть от удовольствия. Уртикария. Обычно она проходит сама собой, но инъекция ускоряет выздоровление, а мне не терпелось испробовать новое антигистаминное средство – оно рекомендовалось именно для таких случаев. Как бы то ни было, превосходная возможность для ветеринара показать себя [7, С. 5].

В данном примере встречается термин ‘urticaria’ – уртикария, относящийся к клинической терминологической группе, а также фармацевтический термин ‘antihistamine drug’ – антигистаминное средство. Оба термина пришли из латинского языка и приводятся без пояснений как в оригинале, так и в переводе. Это обусловлено их использованием во внутренней речи героя, где они не выполняют информативную функцию, а лишь способствуют созданию образа квалифицированного ветеринарного врача. Чтобы русскоязычный текст выполнял ту же функцию, переводчик использует альтернативную подстановку, выбирая латинские эквиваленты («уртикария» вместо «крапивница» и «антигистаминный» вместо «противоаллергический») и не давая пояснений.

2. «Yes, this is urticaria, all right».

«What’s that?»

«Sometimes it’s called nettle rash. It’s an allergic condition» [8].

Несомненно уртикария.

– А это что?

– Иногда её называют крапивницей. Вид аллергии [7, С. 6].

В приведенном фрагменте автором используются такие термины как ‘urticaria’, ‘nettle rash’ и ‘allergic condition’, которые относятся к клинической терминологической группе. Поскольку он представляет собой диалог и выполняет информативную функцию, непрозрачный термин ‘urticaria’ семантизируется за счёт синонимичного обиходного термина (‘nettle rash’) и гиперонима (‘allergic condition’). Стремясь сохранить информативную функцию, переводчик прибегает к тому же способу семантизации, заменив ‘nettle rash’ параллельным термином «крапивница», а ‘allergic condition’ – контекстным вариантом «вид аллергии».

3. It had started at eight o’clock. Mr. Kettlewell telephoned as I was finishing my breakfast.

«I’ve a fine big cart-’oss here and he’s come out in spots».

«Oh, really, what kind of spots?»

«Well, round and flat, and they’re all over ’im» [8].

Началось все в восемь. Я как раз кончал завтракать, и тут позвонил мистер Кеттлуэлл.

– У меня, значит, рабочий конь весь бляшками пошёл.

– Да? А какими бляшками?

– Ну, круглыми такими, плоскими. Они у него по всему телу высыпали [8, С. 4].

Медицинское значение слова ‘spot’ – a small round red area on someone’s skin that shows that they are ill (Longman) – является одним из нескольких, его можно рассматривать как обиходное обозначение термина ‘eruption’. Его употребление в тексте обусловлено тем, что оно первый раз встречается в речи малообразованного персонажа-неспециалиста, изобилующей просторечными конструкциями, а главный герой всего лишь повторяет использованное собеседником слова для достижения эффективной коммуникации. Выбор эквивалента «бляшка» обусловлен обиходным характером оригинального термина, его функциями (информативной и стилистической – создание образа профессионального ветеринара на контрасте с другими персонажами), а также тем, что слово входит в состав сочетания ‘he’s come out in spots’.

Стоит отметить, что зачастую выбору переводческого эквивалента помогает интернациональный характер медицинской терминологии (уртикария, антигистаминный, аллергический, конъюнктивит и т.п.). Однако в ряде случаев заметно расхождение между русской и англоязычной терминосистемой, в большей степени тяготеющей к использованию латинских терминов:

I incised through skin, abdominal muscles and peritoneum and when I reached forward towards the diaphragm, I could feel a doughy mass inside the stomach [8]. – Я сделал надрез, рассек брюшные мышцы, брюшину и, когда прошел диафрагму, нащупал в желудке тестообразную массу [7, С.9].

I got out my stethoscope and auscultated heart and lungs – nothing abnormal to hear [8]. – Я достал стетоскоп, прослушал лёгкие и сердце, но ничего ненормального не услышал [7, С.8].

В приведённых выше примерах переводчик не использует латинские термины по разным причинам. Если в первом случае в русскоязычной медицинской терминосистеме отсутствует соответствующий латинский вариант, то во втором примере переводчик выбирает более узуальный и прозрачный вариант «прослушал» вместо «аускультировал». Что касается оригинального текста, автор прибегает к непрозрачному медицинскому термину ‘auscultate’ вместо более понятных ‘examine’ или ‘listen’, поскольку на первый план выходит стилистическая функция, а не информативная.

О большей эксплицитности и информативности русского перевода свидетельствуют и другие примеры.

A tiny papilloma growing from the margin of the eyelid and rubbing on the cornea.

I turned to Mrs. Bartram. «He's got a little growth in there. It's irritating his eye and causing the discharge» [8].

<...> под краем века развилась маленькая папиллома и раздражала роговицу. Я обернулся к миссис Бартрам.

У него там маленькая опухоль. Она раздражает глаз и вызывает слёзоотделение [7, С. 7].

В этом примере перевод эксплицитнее оригинала не только благодаря отсутствию латинского термина, но и за счёт приёма конкретизации: перевода ‘to rub’ как «раздражать» и ‘growth’ как «опухоль».

Заключение

Анализ примеров позволяет проследить закономерность между использованием прозрачных и непрозрачных терминов в зависимости от их места в тексте и выполняемой функции. Так, непрозрачные необъяснённые термины служат для создания образа главного героя-ветеринара и реализуют стилистические задачи, в то время как с помощью непрозрачных объяснённых и прозрачных терминов передается важная для понимания текста информация. Прозрачные объяснённые термины, как показывает один из примеров, также стилистически обусловлены: демонстрируют контраст между профессионализмом главного героя и некомпетентностью обывателя.

Что касается перевода, можно сделать вывод, что большинство терминов передается с помощью эквивалентов. Основную сложность для переводчика представляли латинские термины, которые в ряде случаев передаются за счёт русскоязычных синонимов с более прозрачной внутренней формой. В целом перевод является более эксплицитным, что отчасти можно объяснить асимметрией между английской и русской ветеринарной терминосистемой.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Влахов С. Непереваемое в переводе. / С. Влахов, С. Флорин. – Москва : Международные отношения, 1980.
2. Лингвистический энциклопедический словарь. [Электронный ресурс]. URL: <http://tapemark.narod.ru/les/508c.html> (дата обращения: 25.04.2022)
3. Маджаева С.И. Медицинские термины в неспециальной литературе / С.И. Маджаева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Лингвистика», 2020. – Т. 17. – № 1.
4. Панаева Е.В. Функции специальной лексики в художественном тексте: Функции специальной лексики в художественном тексте: На материале произведений М.А. Булгакова: автореферат дис. ... кандидата филологических наук: 10.02.01 / Моск. гос. обл. ун-т / Елена Валерьевна Панаева. – Москва, 2005. [Электронный ресурс]. URL: <https://cheloveknauka.com/funktsii-spetsialnoy-leksiki-v-hudozhestvennom-tekste> (дата обращения: 25.04.2022)
5. Пыж А.М. Функционально-прагматические и дискурсивные аспекты использования английской юридической терминологии: дис. ... канд. филол. наук: 10.02.04 / Самарский государственный университет / Анна Михайловна Пыж. – Самара, 2005.
6. Самохина А.А. Функционирование терминов в современной англоязычной прозе: автореф. дис. ... канд. филол. наук: 10.02.04 / РГПУ им. А. И. Герцена / Анна Александровна Самохина. – Санкт-Петербург, 2012.
7. Хэрриот Дж. Среди Йоркширских холмов / Дж. Хэрриот; пер. с английского И.Г. Гуровой. – Москва : Мир, 1994.
8. Herriot J. Every Living Thing / J. Herriot. – United Kingdom : Pan Books, 2013.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vlahov S. Neperevodimoe v perevode [Untranslatable in translation]. / S. Vlahov, S. Florin. – Moscow: International Relations [Mezhdunarodnye otnosheniya], 1980. [in Russian]
2. Linguistic encyclopedic dictionary [Linguistic encyclopedic dictionary]. [Electronic resource]. URL: <http://tapemark.narod.ru/les/508c.html> (accessed: 25.04.2022) [in Russian]
3. Madzhaeva S.I. Medicinskie terminy v nespecial'noj literature [Medical terms in non-specialized literature] / S.I. Majaeva // Vestnik YUUrGU. Seriya «Lingvistika» [Bulletin of SUSU. Series «Linguistics», 2020. – Vol. 17. – № 1. [in Russian]
4. Panaeva E. V. Funkcii special'noj leksiki v hudozhestvennom tekste: Funkcii special'noj leksiki v hudozhestvennom tekste: Na materiale proizvedenij M.A. Bulgakova [Functions of special vocabulary in fiction: Functions of special vocabulary in fiction: Based on the material of the works of M.A. Bulgakov]: autoabstract of the thesis for the Candidate of Philological Sciences: 10.02.01 / Moscow State Regional University / Elena Valeryevna Panaeva. – Moscow, 2005. [Electronic resource]. URL: <https://cheloveknauka.com/funktsii-spetsialnoy-leksiki-v-hudozhestvennom-tekste> (accessed: 25.04.2022) [in Russian]

5. Pyzh A.M. Funkcional'no-pragmaticheskie i diskursivnye aspekty ispol'zovaniya anglijskoj juridicheskoy terminologii [Functional-pragmatic and discursive aspects of the use of English legal terminology]: thesis. ...Candidate of Philology: 10.02.04 / Samara State University / Anna Mikhailovna Pyzh. – Samara, 2005. [in Russian]
6. Samokhina A.A. Funkcionirovanie terminov v sovremennoj angloyazychnoj proze [The functioning of terms in modern English-language prose]: autoabstract. thesis. ... Candidate of Philology: 10.02.04 / A.I. Herzen State Pedagogical University / Anna Aleksandrovna Samokhina. – St. Petersburg, 2012. [in Russian]
7. Herriot J. Sredi Jorkshirskih holmov [Every Living Thing] / J. Herriot / translated from English by I.G. Gurova. – Moscow : Mir, 1994. [in Russian]
8. Herriot J. Every Living Thing / J. Herriot. – United Kingdom : Pan Books, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.021>

«ИГРОВОЙ» СИНТАКСИС РЕКЛАМНОГО ТВОРЧЕСТВА

Научная статья

Максимова С.Ю.¹, Мацюпа К.В.², *¹ ORCID: 0000-0003-4277-8446;² ORCID: 0000-0002-6388-5120;¹⁻² Саратовская государственная юридическая академия, Саратов, Россия

* Корреспондирующий автор (kvmatsyupa[at]mail.ru)

Аннотация

Данная статья посвящена вопросам игровой компоненты рекламного творчества на примере английского рекламного слогана, так как в нем на каждом языковом уровне присутствует своего рода «игра», проявляющаяся в выборе языковых (и не только) средств и стратегий, направленных на оказание воздействия на адресата рекламного объявления. Авторы рассматривают специфику функционирования синтаксических конструкций в рекламе, уделяя особое внимание роли знаков препинания при составлении рекламных побудительных конструкций. Также в работе представлен анализ экспрессивных (восклицательных и вопросительных) предложений, которые служат определенной цели рекламного сообщения – обратить внимание на товар или услугу, выделить достоинства и побудить адресата приобрести заявленный в рекламе «продукт».

Ключевые слова: реклама, слоган, синтаксис, манипуляция, игра, передача информации, экспрессивная функция, творчество, адресат рекламы.

THE «GAME» SYNTAX OF ADVERTISING CREATIVITY

Research article

Maksimova S.Y.¹, Masyupa K.V.², *¹ ORCID: 0000-0003-4277-8446;² ORCID: 0000-0002-6388-5120;¹⁻² Saratov State Law Academy, Saratov, Russia;

* Corresponding author (kvmatsyupa[at]mail.ru)

Abstract

This article is dedicated to the issues of a game component of advertising creativity on the example of English advertising slogans, as there is a kind of "game", manifested in the choice of language (and other) means and strategies aimed at influencing the audience of the advertisement present on each language level. The authors consider the specifics of the functioning of syntactic constructions in advertising, paying special attention to the role of punctuation marks in the forming of advertising incentive structures. The article also presents the analysis of expressive (exclamation and interrogative) sentences that serve a certain purpose of an advertising message – to draw attention to the product or service, to highlight the merits and encourage the audience to buy the advertised «product».

Keywords: advertising, slogan, syntax, manipulation, game, information transfer, expressive function, creativity, advertising audience.

Введение

Реклама, создавая рынок новых товаров и услуг, формируя общество потребителей, ищет новые формы активизации внимания потенциальных покупателей. В каком бы виде ни была представлена реклама (графика, изображение, словесное выражение), язык всегда играл ведущую роль. Языковые средства служат не только цели передачи информации, привлечению интереса к ней и убеждению приобрести товар или воспользоваться услугой. Они выполняют в сфере рекламы также и другие функции:

- 1) функцию взаимодействия – язык способствует установлению контакта между адресатом и адресантом [8, С. 90]. Р. Фоулер определяет данную функцию языка как межличностную, способствующую коммуникации [3, С. 69];
- 2) контекстуальную функцию – языковые средства закрепляют РТ в конкретной ситуации общения [4, С. 38];
- 3) экспрессивную функцию – язык в рекламном дискурсе апеллирует к чувствам, желаниям, эмоциям, воле и отношениям потребителей [9, С. 49];
- 4) металингвистическую функцию, направленную на служение задачам языка рекламы (выбор слов, манеры и стиля, интонации) [2, С. 139];
- 5) поэтическую функцию – создание образности, ритмичности, и тем самым, запоминаемости РС [10, С. 11].

При выборе того или иного слова или языкового приема в него закладывается определенный стимул – призыв к покупке. Слова не только описывают вещи, сообщают необходимую информацию, но и передают настроение, привлекают внимание и память. Все это можно назвать манипуляцией сознанием, мыслями и настроениями читателя-адресата. Языковое манипулирование в РС осуществляется путем сознательного и целенаправленного использования тех или иных особенностей устройства и употребления языка [1], [6, С. 58].

Специфику рекламного языкового манипулирования составляет игровая природа рекламы, характеризующаяся следующими показателями: 1) состязательностью – конкуренцией и борьбой за рыночную нишу и потребителя; 2) характером рекламной информации – это полуправдивая информация, которая поступает опосредованно для проверки ее истинности; 3) творческой деятельностью создателей рекламы, что дает основание причислить рекламу к искусству; 4) действием в рекламном мире определенного состава персонажей (Mr Bean, Budweiser dog); 5) помимо рекламных персонажей, по мнению Дэвида Кристалла [1, С. 94], в рекламной игре задействован рекламист, являющийся

“профессиональным игроком”, и потенциальный покупатель; 6) рекламная игра имеет свое время и пространство – рекламную ситуацию общения [2], [7, С. 169].

В РС на каждом языковом уровне присутствует своего рода “игра”, проявляющаяся в выборе языковых средств и стратегий, направленных на оказание воздействия на адресата рекламного объявления.

С синтаксическими особенностями РС непосредственно связана пунктуация в качестве выразительного средства передачи тех сторон содержания, которые не могут во всей полноте передаваться при помощи одних только слов и грамматического оформления высказывания, а служат также для концентрации внимания на тех частях высказывания, которые, с точки зрения пишущего, являются в данный момент наиболее важными.

Концентрированность информации в РС вынуждает рекламиста прибегать к различным способам повышения эффективности восприятия текста, в том числе, и к необычному употреблению знаков препинания («не по правилу»), например: Politically Correct By Day. Bacardi By Night. Bacardi. The World's Great Rum Since 1862 (Bacardi) // Fresh Ideas. New Ways Of Thinking (ACER computer company) // No Additives. No Bull. No Taste. Winston Lights Box (Winston cigarettes). Точка разделяет тесно связанные части предложения, ставит их рядом друг с другом и делает каждую отдельную часть видом слогана, если при этом еще упоминается или манифестируется торговая марка: Sally Hansen. The Protection You Need. The Colors You Want. Beautiful Protection. Beautiful Color. (Sally Hansen nail color) // Carrera y Carrera. 1885 Madrid (Carrera jewelry) // Northwest Airlines. KLM. Worldwide Reliability (KLM airlines).

Для интонационного разделения предложения на части в РС применяется запятая: When You Got It, Flaunt It (Braniff Airlines) // For Mash, Get Smash (Smash food extract) // I Think, Therefore IBM (IBM).

Тире в РС с наибольшей полнотой передает различные смысловые нюансы и концентрирует внимание на тех частях высказывания, которые с рекламных позиций являются наиболее важными. Анализ представленного в работе материала выявил следующие функции, выполняемые тире в РС.

1. Усиление динамики фразы при отсутствии глагола-связки: Milk – Making News. Got Milk? (Milk) // Olympus – Focus On Life (Olympus photo-camers) // BTcellnet – Good Call (BTcellnet).

2. Интонационное и как следствие графическое выделение важных моментов в РС, а также характеристики услуги: The Two Infallible Power – The Pope And Bovril (Bovril drink) // That's Shell – That Was! (Shell motor fuel) // Original Milk – Cream Filling. It Can't Be More Tasty («Just A Wonder» wafers);

Разграничение функций между директивными частями РС: Eye It – Try It – Buy It! (Chevrolet) // Spend Wisely – Save Wisely (Brooke Bond dividend tea) // Post Early – Before Noon (The Post Office). В РС вместо опущенного союза «and» иногда ставится тире (паратакисис), способствующее выделению его основных составляющих: NY – Paris – London («Women of Earth» perfume) // Soft – Gentle – Safe (Washing liquid) // For Him – For Her – For You (General use slogan);

Функцию разделения РС на две части, где в первой называется предмет рекламы или рекламная ситуация, а во второй содержится его конкретизация (эти конструкции получили широкое распространение и в языке газеты), выполняет двоеточие. Например, MAT: Masaki Matsushima. Eau de parfum («MAT» perfume) // The Most Spectacular Flower Show In The World: Hampton Court Palace. «Flower Show» («Flower Show») // There're Two Things To Aim In Life: First, To Get What You Want, And After That To Enjoy It (Werther's chocolate) // After The Pill: Posturpedic (Sealy mattresses).

Многоточие, обозначающее в РС незаконченное высказывание, вынуждает читателя ознакомиться с полным текстом рекламы: Paris Is Now Wearing... Lux (Lux toilet soap – здесь многоточие «обособляет» неожиданный поворот мысли) // We Are Inviting You To Excellence... «Gallen» («Gallen» sport equipment) // Don't Just Land There... Do Something. Let The Hertz Put You In The Drivers Seat (Hertz car service). Для этой же цели применяются отрезки высказывания, отделенные многоточием друг от друга: Old Gold's... Freshest Of All 5... Win On Taste! («Old Golds» cigarettes) // Everywhere He Goes... Everything He Sees... Everywhere He Looks... You're There. Make A Man Remember A New Fragrance For Women («Longing» perfume) // The Secrets Out... The Wait Is Over... Now There's A Magazine For Vibrant, Vital, Grown-up You! («More» magazine).

Стремление к максимальному воздействию на читателя приводит к уже отмеченному в научной литературе широкому использованию эмоционально-экспрессивных элементов [5, С. 128]. В частности таких, как побудительные восклицательные предложения, о чем уже говорилось выше. Восклицательный знак в подобных предложениях усиливает экспрессивную напряженность фразы и содержит указание на выгоду для потенциального покупателя: Relax, You're On AIR-India! (Air India airlines) // It's Time To Play! («Barbie» collectibles) // Cover girl – So Go Natural! («Cover Girl» make up). Особым стилистическим приемом является употребление не одного, а ряда восклицательных предложений, создающих высокую степень эмоциональности речи, насыщающих РС положительными эмоциями: Tutto Sexy! Viva La Vita! («Asti» Martini) // Yesss! MTS! (MTS mobile connection) // All Talking! All Singing! All Dancing! («Broadway melody» film).

Если РС выступает в виде вопроса, то возникает иллюзия общения между адресантом и адресатом сообщения: Why? Because. Toyota People Drive Us (Toyota). Здесь имеет место случай формирования рекламной особой группы людей: Toyota People – люди, владеющие автомобилем «Toyota». Ср.: Generation Next – поколение, пьющее «Pepsi». // How Do You Spell Soap? Why, P-e-a-r-s, Of Course (Pears soap) // Where Else? (Sears shop) // Aren't You Glad You Use Dial Soap? Don't You Wish Everybody Did? (Dial Soap) // Do You Feel Like Your Face Belongs To Two Different Women? (Neutrogena face care) // If We Don't Invest In Them, Why Should You? (Neuberger & Berman funds).

В то же время обилие знаков препинания в РС имеет обратный эффект – пунктуационное перенасыщение не несет функциональной нагрузки и делает РС громоздким и сложным для прочтения, например: CK jeans – Sex Is Back, mit Marcus Schenkenberg! (CK jeans) // When Heart Beats Fast... It Isn't Attitude. It's Aspen. Aspen – Fragrance For Women («Aspen» perfume) // Your Computer Is A Monster? The Other Computer Company: Honeywell! (Honeywell Computers) // Teeth Come Back Strong – When You Eat Your Milk, Too! – Carnation Milk.

Отметим, что случаи немотивированного нагромождения знаков препинания в РС не частотны. Как правило, знаки препинания функционально обусловлены, стилистически мотивированы. Их постановка связана с эмоциональной экспрессией и смысловым выделением важных для рекламиста частей РС, с актуальным членением предложения.

Заключение

Таким образом, результаты исследования подтверждают то обстоятельство, что язык рекламы, в связи с ним и РС, получает с течением времени как внутренние, так и внешние источники развития. РС является отражением сложных законов функционирования современного общества. Язык РС фиксирует компоненту, ищет своего клиента среди людей различного культурного, возрастного и образовательного уровня, служит каналом продвижения рекламных товаров и услуг.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Crystal D. Language Play / D. Crystal. – London : Penguin Books, 1998. – 248 p.
2. Dyer G. Advertising As Communication / G. Dyer. – London : Methuen, 1982. – 218 p.
3. Fowler R. Language in the news: Discourse and Ideology in the press / R. Flower. – London. – New York : Rutledge, 1991. – 254 p.
4. Goddard A. The Language of Advertising: Written Texts (Intertext) / A. Goddard. – London. – New York : Routledge, 2002. – 144 p.
5. Leech G. English in Advertising: A linguistic Study of Advertising in Great Britain / G. Leech. – London : Longman, 1966. – 270 p.
6. Паршин П.Б. Речевое воздействие: основные сферы и разновидности / П.Б. Прашин // Рекламный текст: семиотика и лингвистика. – Москва : Изд. дом Гребенникова, 2000. – С. 55–75.
7. Пирогова Ю.К. Речевое воздействие и игровые приемы в рекламе / Ю.К. Пирогова // Рекламный текст: семиотика и лингвистика. – Москва : Изд. дом Гребенникова, 2000. – С. 167–190.
8. Vestergaard T. The Language of Advertising / T. Vestergaard, K. Schröder – Oxford : Blackwell, 1985. – 182 p.
9. Werbetexte. Texte zur Werbung. – Stuttgart : Philipp Reclam, 1997. – 88 p.
10. Williamson J. Decoding Advertisements: Ideology and Meaning in Advertising / J. Williamson. – London : Marian Boyars, 1983. – 256 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Crystal D. Language Play / D. Crystal. – London : Penguin Books, 1998. – 248 p.
2. Dyer G. Advertising As Communication / G. Dyer. – London : Methuen, 1982. – 218 p.
3. Fowler R. Language in the news: Discourse and Ideology in the press / R. Flower. – London. – New York : Rutledge, 1991. – 254 p.
4. Goddard A. The Language of Advertising: Written Texts (Intertext) / A. Goddard. – London. – New York : Routledge, 2002. – 144 p.
5. Leech G. English in Advertising: A linguistic Study of Advertising in Great Britain / G. Leech. – London : Longman, 1966. – 270 p.
6. Parshin P.B. Rechevoe vozdejstvie: osnovnye sfery i raznovidnosti [Speech impact: the main spheres and types] / P.B. Parshin // Reklamnyj tekst: semiotika i lingvistika [Advertising Text: Semiotics and Linguistics]. – Moscow : Grebennikov Publishing house, 2000. – P. 55-75. [in Russian].
7. Pirogova Y.K. Rechevoe vozdejstvie i igrovye priemy v reklame [Speech impact and gaming techniques in advertising] / YU.K. Pirogova // Reklamnyj tekst: semiotika i lingvistika [Advertising Text: Semiotics and Linguistics]. – Moscow : Grebennikov Publishing house, 2000. – P. 167–190. [in Russian]
8. Vestergaard T. The Language of Advertising / T. Vestergaard, K. Schröder – Oxford : Blackwell, 1985. – 182 p.
9. Werbetexte. Texte zur Werbung [Advertising texts. Advertising texts]. – Stuttgart : Philipp Reclam, 1997. – 88 p. [in German]
10. Williamson J. Decoding Advertisements: Ideology and Meaning in Advertising / J. Williamson. – London : Marian Boyars, 1983. – 256 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.022>

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТАФОР, РЕПРЕЗЕНТИРУЮЩИХ КОНЦЕПТ PANDEMIC В СОВРЕМЕННОМ АНГЛОЯЗЫЧНОМ МЕДИАДИСКУРСЕ

Научная статья

Шеховцева Т.М.^{1,*}, Камышанченко Е.А.², Страхова К.А.³

¹ ORCID: 0000-0002-1628-9705;

³ ORCID: 0000-0002-6134-1189;

¹⁻³ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

* Корреспондирующий автор (shekhovtseva[at]bsu.edu.ru)

Аннотация

Авторы рассматривают теоретические и методологические основы теории концептуальной метафоры, получившей распространение в мировой науке и нашедшей многостороннее применение в практических исследованиях; анализируют и систематизируют метафорические репрезентации концепта PANDEMIC в современном английском медиадискурсе. Языковая реализация концепта PANDEMIC фиксируется в современных англоязычных СМИ с помощью приема сплошной выборки. В фокусе внимания находится антропоморфная метафорическая модель, выделенная на основе анализа сочетаемости субстантива, называющего концепт, и его синонимов с конкретными предикатами. В процессе работы применялись также метод контекстуального анализа, метод анализа сочетаемости абстрактных имен, позволивший выделить ряд концептуальных метафор, репрезентирующих концепт, и метод когнитивной интерпретации метафоры, определяющий способ осмысления рассматриваемого концепта в сознании носителей английского языка.

Ключевые слова: концепт, концептуальная метафора, метафорическая модель, антропоморфная модель, COVID-19, медиадискурс.

SYSTEMATIZATION OF METAPHORS REPRESENTING THE PANDEMIC CONCEPT IN THE MODERN ENGLISH MEDIA DISCOURSE

Research article

Shekhovtseva T.M.^{1,*}, Kamyshanchenko E.A.², Strakhova K.A.³

¹ ORCID: 0000-0002-1628-9705;

³ ORCID: 0000-0002-6134-1189;

¹⁻³ Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia;

* Corresponding author (shekhovtseva[at]bsu.edu.ru)

Abstract

The authors consider the theoretical and methodological foundations of the conceptual metaphor theory, which has become widespread in world science and has found multilateral application in practical research; they analyze and systematize metaphorical representations of the PANDEMIC concept in modern English media discourse. The language implementation of the PANDEMIC concept is recorded in modern English-language media using the continuous sampling technique. The focus is on an anthropomorphic metaphorical model, identified on the basis of combinability analysis of the substantive naming the concept and its synonyms with specific predicates. In the course of the study, the authors used the method of contextual analysis, the method of analyzing the abstract names compatibility, which made it possible to identify a number of conceptual metaphors representing the concept, and the method of cognitive interpretation of metaphor, which determines the way of understanding the concept under consideration in the minds of English speakers.

Keywords: concept, conceptual metaphor, metaphorical model, anthropomorphic model, COVID-19, media discourse.

Introduction

In the modern world, the topic of coronavirus is regularly covered by the media. Every day there is up-to-date news related to the spread of COVID-19, the recording of new cases of infection and new “waves” of incidence, the struggle of the countries of the world with a pandemic, vaccination and introduction of restrictive measures or their removal.

The relevance of the study, therefore, is determined by the ability of the media to influence the mass consciousness, form readers' attitude to the global problem, and evoke an emotional response in the current situation of social tension. From the point of view of linguistics, the relevance is determined by insufficient knowledge of the language representation of the coronavirus pandemic in the English-language media.

The scientific novelty of the work lies in the analysis and systematization of a number of conceptual metaphors representing the PANDEMIC concept in the modern English-language media discourse.

The purpose of this work is to consider some features of the PANDEMIC concept representation in the English-language media.

The study was conducted on the material of the journalistic discourse of the English-language media (online publications). The material of the study is media texts selected by continuous sampling from modern newspapers in the UK (“The Guardian”, “The Morning Star”, “The Evening Standard”) and the USA “Time” for the period from March 2020 to March 2022. The authors analyzed over 1000 contexts.

One of the main visual means of a language is a metaphor, which also performs the function of explanation, serves as an explication of meaning through the creation of an image [2, P.119]. The authors use the term “conceptual metaphor” (hereinafter referred to as CM) by G. Lakoff and M. Johnson, which allows to separate the linguistic means of expression and the underlying cognitive process, namely the understanding of one phenomenon (or field of activity) in terms of another. The authors also used elements of the metaphorical modeling theory by A.P. Chudinov [7].

Analyzing speech contexts that allow highlighting the features of the metaphorical representation of the PANDEMIC concept in modern English-language media, we used a technique based on studying the compatibility of the substantive naming the concept under consideration and its synonyms with specific predicates. This technique of conceptual analysis is presented in the works of G. Lakoff [4], L.O. Cherneiko [6], M.V. Pimenova [5], A.P. Chudinov [7] and many other Western and Russian linguists.

Out of the key lexemes that form the semantic space of the concept under study, namely the nouns *pandemic*, *coronavirus* (or *virus*) and the abbreviation *COVID-19* (from the English *CO*rona *VI*rus *D*isease 2019), we chose the noun *pandemic* as the name of the concept, since it has a wider semantics.

According to the results of the contextual analysis, the most productive and frequent conceptual metaphor representing the concept under consideration is the PANDEMIC IS WAR, which is derived from the combination of key representative lexemes with the verbs *to fight*, *to combat*, *to crush* and many others. The same conclusion was reached by some Russian and foreign authors who published the results of their research in 2020-2021 (for example, N.S. Dankova, E.V. Krekhtunova [3]; Brigitte Nerlich [8]). In this regard, it seems appropriate to consider other, less frequent, but no less interesting CMs. Depending on the source domain, the selected CMs can be assigned to three sub-spheres: "Person", "Artifacts" and "Nature".

The focus of our attention is the sub-sphere "Person", which includes the largest number of selected CMs. This fact confirms the well-known thesis that the anthropomorphic code is one of the most fruitful sources for creating metaphors.

The presence of anthropomorphic features in the content of the PANDEMIC concept determines the selection of the CM PANDEMIC IS A PERSON on their basis.

Structuring the PANDEMIC concept according to the anthropomorphic model implies the participation of substantives in acts of impersonation or personification, that is, their likening to a person, which determines their compatibility with predicates that implement subject-oriented features, primarily activity, volition, controllability and animation of the object [1, P.102]. Pandemic in the metaphorical representation of native English speakers can perform the same actions and stay in the same states as a real person: it can throw, write, push:

This pandemic has just thrown a whole bunch of complications, stresses and pressures on staff that are already broken [12].
But the end of Trump's turbulent term will be written by the virus [13].

How the Pandemic Pushed a Generation of Americans to Discover the Perks (and Risks) of Online Banking [13].

Lexemes that verbalize the PANDEMIC concept can be used as subject-agents in combination with predicates of independent movement (for example, *to come*):

I thought I was doing pretty well. Then came the pandemic [13].

During the analysis, it was revealed that the representative lexemes of the PANDEMIC concept within the sub-sphere "Person" are combined mainly with verbs denoting physical activity. Examples illustrating the compatibility of representative lexemes with verbs of mental activity are less common. As an example, a virus, like a person, can be wise or silly:

Viruses are at once both mindless and clever—infecting and eluding, spreading and shape-shifting [13].

Lexemes denoting emotional state were not found in the analyzed material. This means that the pandemic in the minds of native speakers is conceptualized as a phenomenon the main feature of which is procedure, dynamism.

CM pandemic is a reformer. This model is ambiguous in its axiological characteristics, since reforms and their results can be both positive and negative. The article, from which the following example is taken, is about the economic situation, namely, extreme poverty provoked by the pandemic:

The pandemic has already reshaped India beyond imagination [13].

The author of the publication on the US elections notes that the pandemic has completely changed not only the election campaign, but also the citizens' values:

But in the 2020 the COVID-19 pandemic has changed everything—from how the campaign is conducted to how we vote to what we value [13].

All in all, the verbs *to change*, *to transform*, *to alter* in combination with key lexemes are quite frequent in the analyzed material, which allows to record changes in most spheres of life during the pandemic: in economics, trade, politics, as well as in the views and value system of mankind.

CM pandemic is a teacher. Within the framework of this model, we again talk about changing priorities, the value of relationships; philosophical reflections about the transience of life appear – all this is reminded by the pandemic that has taken the image of a teacher:

Coronavirus has also reminded people of their own mortality. People are realizing that life is short, and they're reprioritizing [13].

Nevertheless, much more often the pandemic seems to be an enemy, a prudent criminal, implementing CM pandemic is a criminal. He can injure, cause damage and beatings, threaten, kill:

New vaccines centre to protect UK from pandemic threats [14].

COVID-19 Has Killed Nearly 200,000 Americans [13].

CM pandemic is an unmasker. This model focuses the reader's attention on the fact that the pandemic, having put on masks on humanity, at the same time, disrupts these masks, revealing, exposing shortcomings, gaps and blunders:

The coronavirus has laid bare the inequalities of American public health [13].

CM pandemic is an authority. Within the framework of this model, the pandemic is considered as a person endowed with certain powers that can, for example, keep visitors away:

The celebrated Parisian bookstore told readers on Wednesday that it was facing "hard times" as the Covid-19 pandemic keeps customers away [11].

An authorized person can *force out* students from schools and universities and make teachers study modern educational (digital) technologies at an accelerated pace:

By April, the pandemic had forced <https://www.weforum.org/agenda/2020/12/covid19-education-innovation-outcomes/out-of-their-schools-and-universities-worldwide>, *putting many of their teachers on a steep edtech learning curve* [11].

Conclusion

Thus, as a result of the study we have confirmed the thesis that metaphor is one of the most effective means of creating imagery, expressiveness and vividness in a media text. The conceptual metaphors we examined belong to the sub-sphere "Person". Explicit conceptual metaphors and the variety of specific source domains allow us to conclude that the conceptualization of the new phenomenon – pandemic – is based on the everyday experience of native English speakers, mostly related to concrete and sensual perception of the reality, including relationships with people and observations of nature. The authors are convinced that the metaphorical representation of the abstract concept PANDEMIC in the English-language media helps to introduce additional ideas about the analyzed entity and to evaluate it.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Болдырев Н.Н. Когнитивная семантика: курс лекций по английской филологии: учебное пособие / Н.Н. Болдырев. – Тамбов : Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 2002. – 122 с.
2. Гришечкина Г.Ю. Эмоциональные и образные средства в научно-популярном тексте / Г.Ю. Гришечкина // Вопросы когнитивной лингвистики. – 2009. – № 1. – С. 119–123.
3. Данкова Н.С. Репрезентация пандемии в СМИ: метафорический образ войны (на материале американских газет) / Н.С. Данкова, Е.В. Крехтунова // Научный диалог. – 2020. – № 8. – С. 69–83.
4. Лакофф Дж. Женщины, огонь и опасные вещи: Что категории языка говорят нам о мышлении / пер. с англ. И. Б. Шатуновского. – Москва : Языки славянской культуры, 2004. – 792 с.
5. Пименова М.В. Концепт сердце: Образ. Понятие. Символ: монография / М.В. Пименова. – Кемерово : КемГУ, 2007. – 500 с.
6. Чернейко Л.О. Лингво-философский анализ абстрактного имени / Л.О. Чернейко – Москва : МГУ, 1997. – 320 с.
7. Чудинов А.П. Россия в метафорическом зеркале: Когнитивное исследование политической метафоры (1991–2000): монография / А.П. Чудинов. – Екатеринбург, 2001. – 238 с.
8. Nerlich B. Metaphors in the time of coronavirus // University of Nottingham. [Electronic resource]. URL: <https://blogs.nottingham.ac.uk/makingsciencepublic/2020/03/17/metaphors-in-the-time-of-coronavirus/> (accessed: 23.04.2021).
9. The BBC. [Electronic resource URL: <https://www.bbc.co.uk/>] (accessed: 23.04.2021).
10. The Evening Standard. [Electronic resource]. URL: <https://www.standard.co.uk/> (accessed: 23.04.2021).
11. The Guardian. [Electronic resource]. URL: <https://www.theguardian.com/> (accessed: 23.04.2021).
12. The Morning Star. [Electronic resource]. URL: <https://morningstaronline.co.uk/> (accessed: 23.04.2021).
13. Time. [Electronic resource]. URL: <https://time.com/> (accessed: 23.04.2021).
14. University of Oxford. [Electronic resource]. URL: <https://www.ox.ac.uk/> (accessed: 23.04.2021).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Boldyrev N.N. Kognitivnaja semantika: kurs lekcij po anglijskoj filologii [Cognitive semantics: a course of lectures on English philology]: textbook / N.N. Boldyrev – Tambov : Publishing House of TSU named after G.R. Derzhavin, 2002. – 122 p. [in Russian]
2. Grishechkina G.J. Jemocional'nye i obraznye sredstva v nauchno-populjarnom tekste [Emotional and figurative means in popular science text] / G.J. Grishechkina // Voprosy kognitivnoj lingvistiki [Issues of cognitive linguistics]. – 2009. – № 1. – P. 119–123. [in Russian]
3. Dankova N.S. Reprezentacija pandemii v SMI: metaforicheskij obraz vojny (na materiale amerikanskih gazet) [Representation of the pandemic in the media: a metaphorical image of war (based on American newspapers)] / N.S. Dankova, E.V. Krehtunova // Nauchnyj dialog [Scientific dialogue]. – 2020. – № 8. – Pp. 69–83. [in Russian]
4. Lakoff G. Zhenshhiny, ogon' i opasnye veshhi: Chto kategorii jazyka govoryat nam o myshlenii [Women, Fire and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind]. – Moscow : Languages of Slavic culture. 2004. – 792 p. [in Russian]
5. Pimenova M.V. Koncept serdce: Obraz. Ponjatie. Simvol: monografija [Concept heart: Image. Notion. Symbol: monograph] / M.V. Pimenova. – Kemerovo : KemSU, 2007. – 500 p. [in Russian]
6. Chernejko L.O. Lingvo-filosofskij analiz abstraktnogo imeni [Lingvo-philosophical analysis of the abstract name] / L.O. Chernejko – Moscow : MSU, 1997. – 320 p. [in Russian]
7. Chudinov A.P. Rossiya v metaforicheskom zerkale: Kognitivnoe issledovanie politicheskoy metafory (1991-2000): monografija [Russia in a metaphorical mirror: Cognitive study of political metaphor (1991-2000): monograph] / A.P. Chudinov. – Ekaterinburg, 2001. – 238 p. [in Russian]
8. Nerlich B. Metaphors in the time of coronavirus // University of Nottingham. [Electronic resource]. URL: <https://blogs.nottingham.ac.uk/makingsciencepublic/2020/03/17/metaphors-in-the-time-of-coronavirus/> (accessed: 23.04.2021).
9. The BBC. [Electronic resource URL: <https://www.bbc.co.uk/>] (accessed: 23.04.2021).
10. The Evening Standard. [Electronic resource]. URL: <https://www.standard.co.uk/> (accessed: 23.04.2021).
11. The Guardian. [Electronic resource]. URL: <https://www.theguardian.com/> (accessed: 23.04.2021).
12. The Morning Star. [Electronic resource]. URL: <https://morningstaronline.co.uk/> (accessed: 23.04.2021).
13. Time. [Electronic resource]. URL: <https://time.com/> (accessed: 23.04.2021).
14. University of Oxford. [Electronic resource]. URL: <https://www.ox.ac.uk/> (accessed: 23.04.2021).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.023>

СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ ТРАУРА И ТРАГЕДИИ В ПОЭЗИИ И. ИКСАНОВОЙ

Научная статья

Гильмутдинова А.Р.^{1,*}, Гайнуллина Г.Р.², Габдуллина Г.³

¹ ORCID: 0000-0003-1504-9758;

² ORCID: 0000-0003-4752-1965;

³ ORCID: 0000-0002-0076-7709;

¹⁻³ Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия

* Корреспондирующий автор (kaigel[at]mail.ru)

Аннотация

В творчестве современной татарской поэтессы Илсияр Иксановой особенно отмечаются любовная и интимная лирика, искренность лирического героя, умение автора усложнять тексты с помощью символов. Философская картина мира в любовной лирике пронизана образами природы, которые вызывают ассоциации с мировым деревом, соединяющим землю и небо. Натуроцентризм направлен на создание емкого и точного образа, эмоционального состояния лирического героя. Таким образом, в любовной лирике поэта возникает мифопоэтическая картина мира. В статье анализируется любовная лирика Илсияр Иксановой, где автор описывает свои личные переживания, связанные с потерей любимого мужа. Рассматривается система образов в любовной лирике поэтессы.

Ключевые слова: Илсияр Иксанова, любовная лирика, татарская поэзия, эмоциональный лиризм, художественный образ.

SYMBOLIC IMAGES OF MOURNING AND TRAGEDY IN I. IKSANOVA'S POETRY

Research article

Gilmudinova A.R.^{1,*}, Gainullina G.R.², Gabdullina G.³

¹ ORCID: 0000-0003-1504-9758;

² ORCID: 0000-0003-4752-1965;

³ ORCID: 0000-0002-0076-7709;

¹⁻³ Kazan Federal University, Kazan, Russia

* Corresponding author (kaigel[at]mail.ru)

Abstract

In the work of the modern Tatar poet Ilseyar Iksanova, love and intimate lyrics, the sincerity of the lyrical hero, the author's ability to complicate texts with the help of symbols are especially noted. The philosophical picture of the world in love lyrics is permeated with images of nature, which give rise to associations with the world tree that connects the earth and the sky. Nature-centrism is aimed at creating a capacious and accurate image, the emotional state of the lyrical hero. Thus, in the love lyrics of the poet, a mythopoetic picture of the world arises. The constructive principle of I. Iksanova's poetic speech is the use of repetition techniques. The article analyzes the love lyrics of Ilseyar Iksanova, where the author also describes her personal experiences associated with the loss of her beloved husband. The system of images in the love lyrics of the poetess is surveyed.

Key words: Ilseyar Iksanova, love lyrics, Tatar poetry, emotional lyricism, artistic image.

Introduction

There are writers who distinguish the centuries-old development of Tatar literature, both in terms of poetic presentation and amazingly subtle, elegant prose. The literary rhetoric of women, who have their own outlook on life, their own philosophy, their own attitude towards socio-cultural progress and their understanding of reality in terms of views, has changed in recent years. According to the literary critic N. Yusupova, "in general, in the XXth and XXIth centuries Tatar poetry, alongside with the development and continuation of the poetic tradition of the last century, has a new way of expressing its feelings, images and art" [10, P.132]. In modern poetry, "the spirit of contemplation, analysis and constant attention to the ever-changing spiritual world of individuals" have also left an imprint on the work of poets who have enriched Tatar poetry with tales of "glorifying the greatness of man, exalting purity and broad feeling, and possessing an epic language that becomes poetic" [1, P.152].

According to the literary critic D. Zakhidullina, the literary work of I. Iksanova is the introduction of Eastern romanticism to the modern literature [5].

In literary criticism, I. Iksanova's poetry, rich in pictorial means and symbols, has been studied to some extent [4], [9], but has not yet been fully scientifically evaluated. According to Ishmieva, "the poetess plunges you deeper into her inner world every day, makes you think, worry" [8, P.12].

I. Iksanova, with her skillful beautiful voice, highlights philosophically motivated problems, such as the meaning of life in poetry and prose, linking them with the philosophy of Love and Beauty, the images also reflect "national mentality, as well as cultural and historical experience of cognition of the world, due to its expressiveness and emotionality" [3, P.44].

In I. Iksanova's poems, an attempt is made to create a complex picture using many techniques. Her spiritual poetry is rich in symbolic images that lead to the revelation of inner meaning.

Symbolic images developing the theme of mourning and tragedy in Iksanova's later poetry

Poetry on the theme of mourning, which is a separate period in the work of Ilseyar Iksanova, is marked by the bitterness of losing her beloved husband in her personal life. The problem of life and death which has worried mankind since ancient times [2, P.93]

In the poems "Tragedy", "... do you yearn", "Thirst", "Farewell", "Insult", "Eternal Melody", "... I won't be happy without you", "Forgiveness", "Ildarima", "I ask for hope", "Today", "... If you say an offensive word", "... It's like I can't live without you ...", "... No one but you will ", "You're leaving...", "Bitter fire", "Mountains" reflect the lyrical feelings of "I".

In the poems written by I. Iksanova when she accompanied her husband to the Tenshu Mountains, the line of longing is the keynote, longing and fear of separation and expectation of return. In the poem "... it is very hard, very difficult to part" it is said that the lyrical heroine is afraid of losing the other half she has been looking for for a very long time. With the help of the gradation method ("day", "moon", "river"), the feeling is intensified, and the reason for the lyrical heroine's anxiety is explained as "the turmoil of the world" [7, P.50].

The poet's fear of losing her happiness is also described in the poem "Today!", written in 1995. The verse begins with the joy of life, describing feelings and the ability to share sorrows with a loved one who is her support:

Today I do exist.

I can feel,

I can cry leaning to your shoulder.

I can laugh by joining the hum of the blizzard,

And I can make you smile, too [7, P.50].

The verse describes the pain of the transition from a happy moment full of joy from living together to a state of loneliness: "Different people can come to this state in different ways.... The doctors repeat yesterday's words, trying not to look at me. No! They don't know! This is my Ildar! He can't die. They still don't know who my Ildar is. They don't understand that I'm going to save him. They don't believe that my love will resurrect him. "Every time the doctors say no, I get annoyed".

She expresses her sorrow:

I begged; "No, don't leave!"

But you went away

without listening to me.

...

When your life is on the line.

What you do is our destiny "Fate" [7, P.88].

Since the tragic August of 1998, a single woman who became a victim of the tragedy of love has become the main subject of works, as well as the special theme 'great loneliness'.

It is quite natural that the image of the mountain, which marked the scene of the tragedy, occupies a special place in the lyrics of the poet of this period: "When I found out that Ildar was going to the mountains again, I told him for the first time in my life: "Don't go, I'm afraid." It all started with a surprisingly large black butterfly that landed on my right shoulder and caused my doubts" [6]. For the lyrical heroine, mountains are the highest point of love ("You're leaving..."), a spiritual urge, a height that everyone should strive for, an incomparable force that can divide loving hearts ("Mountains").

In the poem "You're leaving ...", written on August 11, 1998, the mountain is understood as the highest peak of fate, which "we must climb", the height of love:

How can I climb the mountain of fate,

We were to climb together, all alone? [7, P.74].

Thus the poet enhances the feeling of grief. The last stanza says that the feelings expressed through the image of the mountain as "collapsed on life" have reached a point and sadness.

In the poem "Mountains" (2000), the mountain takes on the meaning of a wild force that separates lovers. The poet complains, expresses indignation that the mountains lured her lover, resorts to anaphoric techniques:

They separated you from me,

Leaving me forever without you.

I have the right to be offended,

because it happened:

They took your soul to heaven.

You were given to heaven...

Is it fate? [7, C.86].

In the third stanza, the lyrical heroine defines her current state as a state of psychological coma, which is "astounding for me" [7, C.74], when half of her soul ascends to heaven with her deceased lover, and points to the cause of internal and external contradictions:

And half of my soul is gone

With you... to heaven.

This situation is astounding for me,

For most people, being incomprehensible [7, P.74].

In the verses "Memory", "Tragedy", "... Do you yearn", which embody the tragedy to the fullest, the grief of the lyrical heroine is expressed in lines describing her despair and hopelessness in the future.

At the same time, the poet finds solace to the grief of a woman who has experienced a tragedy, affirming the eternity of love. Since 1998 in poems "The Last longing", "Bitter Fire", "... I found..., loved..., lost...", "... I'm glad I dreamed of you", "Fate" the aspirations to seek healing and consolation of a tired soul can be traced.

Thus, the eternity of true love is as true as the constancy of nature. The lyrical hero, repeating and intensifying her longing, replaces the symbol of the forest, rowan with guelder-rose, describing the loneliness of a person who has lost love with the epithet "bitter", defining grief as a permanent state.

Conclusion

Philosophical reflections on the fate of a person, woman, family, love, emotional experiences attract the reader with sincerity of feelings, some sadness and an abundance of linguistic ornaments.

One of the main features of I. Iksanova's poetry is existentiality. Analyzing some of the author's poems published on the pages of the magazine "Kazan Lights" in 2014, the literary critic N. Yusupova considers that "images that convey the meaninglessness of life, the disappearance of human existence without a trace, reveal the purity of love in the poetic fabric, the pain associated with its disappearance" [10, P. 137].

Iksanova's poems are characterized by soft lyricism, the desire to reflect "the finest movements of the female soul", the sincerity of her lyrical heroine. The poetess captures philosophical reflections on human destiny, family, love, experiences, characterized by sincere expression of feelings in a somewhat melancholic tone. The idea that a person's striving for self-improvement is a way to improve reality runs through all of Iksanova's work, while she does not give any individualized image of the heroine, but mainly focuses on the image of feelings. Iksanova depicts the difficulties of woman's path to love, resorting to parallelisms (the seasons and the state of nature depict the state of a lyrical heroine), anaphoras and metaphors. Thus, Iksanova establishes the equivalence of man and the universe, showing that everyone is a part of existence, and sufferings of a single lyrical hero turn out to be a cause for world sadness.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Галиуллин Т.Н. Шигрият баскычлары: Әдәби тәнкыйт мәкаләләре / Т.Н.Галиуллин. – Казан : Мәгариф, 2002.
2. Гильмутдинова А.Р. Стилистико-семантический анализ афоризмов с концептами «life» и «death» / А.Р. Гильмутдинова, Н.О. Самаркина, Э.И. Биктемирова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2016. – № 11-3(65). – С. 92–95.
3. Гильмутдинова А.Р. Фразеологическая картина мира (на материале ФЕ с компонентом, относящимся к ФСР «музыка», в английском и турецком языках) / А.Р. Гильмутдинова, Н.О. Самаркина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 4-4(46). – С. 43–45.
4. Жәлилова Г. Мин – иң элек хатын-кыз. / Г. Жәлилова // Шәһри Казан. – 2006.
5. Загидуллина Д.Ф. Урта мәктәптә татар әдәбиятын укыту методикасы: Метод, кулланма / Д.Ф. Загидуллина. – Казан : Мәгариф, 2000.
6. Иксанова И.В. Кышкы канәферләр: Шигырләр / И.В. Иксанова. – Казан : Татар. кит., 1999.
7. Иксанова И.В. Син – язган язмышым. Шигырләр / И.В. Иксанова. – Казан : Матбугат йорты, 2003. – Б. 74.
8. Ишмиева Л. Символлар сәре / Л. Ишмиева // Казан утлары. – № 12. – 2006.
9. Мортазин М. Ышанасы килә бу дөньяга / М.Мортазин // Татарстан яшләре. – 1991.
10. Юсупова Н. Шигрият дөңясы / Н. Юсупова // Казан утлары, 2015. – № 4. – 132 б.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Galiullin T.N. Shigrijat baskychlary: Әдәби тәнкыйт мәкаләләре [Stages of poetry: articles of literary criticism] / T.N.Galiullin. – Kazan : Məgarif [Kazan: Education], 2002. [in Tatar]
2. Gilmutdinova A.R. Stilistiko-semanticheskij analiz aforizmov s konceptami "life" i "death" [Stylistic and semantic analysis of aphorisms with the concepts of "life" and "death"] / A.R. Gilmutdinova, N.O. Samarkina, E.I. Biktemirova // Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki [Philological sciences. Issues of theory and practice]. – 2016. – № 11-3(65). – P. 92-95. [in Russian]
3. Gilmutdinova A.R. Frazelogicheskaya kartina mira (na materiale FE s komponentom, odnosyashchimsya k FSP «muzyka», v anglijskom i tureckom yazykah) [Phraseological picture of the world (based on the material of the PU with a component related to the FSF "music" in English and Turkish)] / A.R. Gilmutdinova, N.O. Samarkina // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. – 2016. – № 4-4(46). – P. 43-45. [in Russian]
4. Zhəlilova G. Min – iñ jelek hatyn-kyz... [Women] / G. Zhəlilova // Shəhri Kazan [City of Kazan]. – 2006. [in Tatar]
5. Zagidullina D. F. Urta məktəptə tatar ədəbiyatın ukytu metodikasy: Metod, kullanma [Methods of teaching Tatar literature in secondary school: Methodological manual] / D.F. Zagidullina. – Kazan : Məgarif [Kazan: Education], 2000. [in Tatar]
6. Iksanova I.V. Kyshky kanəferlər: Shigyrilər [Winter carnations: poems] / I.V. Iksanova. Kazan: Tatar. kit. nəshr., 1999. [in Tatar]
7. Iksanova I.V. Sin – jazgan jazмышym. Shigyr'lər [You are my destiny. Poems] / I.V. Iksanova. – Kazan: "Matbugat jorty" nəshr. [Kazan Publishing house], 2003. – P. 74. [in Tatar]
8. Ishmieva L. Simvollar sere [The secret of symbols] / L. Ishmieva // Kazan utlary [Kazan Lights]. – 2006. – № 12 [in Tatar]
9. Mortazin M. Yshanasy kilə bu dənəjaga [Faith comes into this world] / M.Mortazin // Tatarstan jashləre [Tatar Youth]. – 1991. [in Tatar]
10. Yusupova N. Shigrijat dənəjasy [The World of poetry] / N. Yusupova // Kazan utlary [Kazan Lights]. – 2015. – № 4. – P.132. [in Tatar]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.024>**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ФРАЗЕОЛОГИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ
В СОВРЕМЕННОЙ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ И СПОСОБЫ ИХ ПЕРЕВОДА**

Научная статья

Бурова Е.А.^{1, *}, Сергеева Е.Е.²¹ ORCID: 0000-0003-2367-1539;¹⁻² Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, Тула, Россия

* Корреспондирующий автор (kislyanskaya[at]mail.ru)

Аннотация

Данное исследование посвящено вопросам функционирования и перевода англоязычных фразеологических единиц на материале двух современных романов «The Silent Patient» («Безмолвный пациент») Алекса Михаэлидеса и «Every Breath» («Каждый вдох») Николаса Спаркса. Авторы статьи иллюстрируют наиболее яркие примеры анализа и объяснения приемов перевода фразеологических единиц, а также их окказиональных преобразований, встретившихся им в исследуемых произведениях. В статье также сделан акцент на том, как окказиональные трансформации находят свое отражение в переводе. Научная значимость и новизна настоящего исследования заключается в анализе фразеологизмов из современных литературных работ, ранее не выступавших материалами исследования других авторов.

Ключевые слова: фразеологическая единица, перевод, способы перевода, окказиональные трансформации, художественная литература.

**SPECIFICS OF THE FUNCTIONING OF ENGLISH PHRASEOLOGICAL UNITS IN MODERN FICTION AND
WAYS OF THEIR TRANSLATION**

Research article

Burova E.A.^{1, *}, Sergeeva E.E.²¹ ORCID: 0000-0003-2367-1539;^{1, 2} L. N. Tolstoy State Pedagogical University, Tula, Russia

* Corresponding author (kislyanskaya[at]mail.ru)

Abstract

This study is dedicated to the functioning and translation of English phraseological units based on the material of two modern novels "The Silent Patient" by Alex Michaelides and "Every Breath" ("Every Breath") by Nicholas Sparks. The authors of the article illustrate the most significant examples of the analysis and explanation of the translation techniques of phraseological units, as well as their occasional transformations encountered in the works in question. The article also pays attention on how occasional transformations are reflected in translation. The scientific significance and novelty of this study lies in the analysis of phraseological units from modern literary works that have not previously served as research materials of other authors.

Keywords: phraseological unit, translation, translation methods, occasional transformations, fiction.

Введение

Фразеологические единицы представляет собой широко используемое выразительное средство. Не исключением в их частотном употреблении выступает и современная англоязычная художественная литература, перевод которой на русский язык является актуальной и повсеместной деятельностью. Лингвистические свойства английских фразеологических единиц изменчивы в связи с изменчивостью самого языка. Расширяется их семантика, меняется коннотативное значение, стираются границы стилистической принадлежности, а также образуются новые формы фразеологизмов в результате их окказионального использования. Поэтому не смотря на существование методики перевода фразеологических единиц с английского языка на русский, она не может быть универсальной. Все выше сказанное обусловило актуальность данного исследования, целью которого является анализ функционирования англоязычных фразеологических единиц и способов их перевода на русский язык на примерах из двух современных романов – «The Silent Patient» («Безмолвный пациент») и «Every Breath» («Каждый вдох»).

В нашей работе анализ функционирования фразеологических единиц (далее – ФЕ) был сосредоточен в первую очередь на их окказиональном использовании. Основой для анализа послужила типология окказиональных (контекстуальных) трансформаций, приведенная в диссертации А.Р. Абдуллиной. Исследователь представила три вида окказиональных преобразований стилистического характера:

- 1) трансформации с изменением содержания фразеологизма при сохранении структуры (фразеологический каламбур, который также называют *phraseological pun* (фразеологическая игра слов) [9, С. 4]) или двойная актуализация [5, С. 27]); нарушение стилистической дистрибуции);
- 2) трансформации со структурным преобразованием, влекущим за собой содержательные изменения (вклинивание; разорванное использование; добавление компонента/компонентов; замена компонента/компонентов; эллипсис);
- 3) сложные трансформации, представляющие собой соединение двух и более типов контекстуальных преобразований (фразеологическая аллюзия; расширенная метафора; фразеологический повтор; фразеологическое насыщение контекста) [1, С. 22].

При рассмотрении способов перевода англоязычных фразеологизмов мы руководствовались классификацией В.Н. Комиссарова, который в своей книге «Современное переводоведение» представил типы соответствий образным ФЕ, являющиеся одновременно и приемами перевода данного лингвистического явления: *соответствия-эквиваленты; соответствия – аналоги; соответствия- калки* [3, С. 172-175]. Однако, данные способы применимы не во всех

случаях. Тогда, согласно В. Н. Комиссарову, переводчику следует обратиться к *нейтрализации* ФЕ, то есть к ее интерпретации в форме *свободного словосочетания* [3, С. 176].

За время исследования методом сплошной выборки было отобрано и впоследствии проанализировано с точки зрения способов перевода и стилистического функционирования 120 фразеологических единиц из романов «The Silent Patient» («Безмолвный пациент») и «Every Breath» («Каждый вдох»). Проиллюстрируем наиболее яркие из них.

“...you’re wearing two different hats. The lawyer’s hat, which is understandably discreet. And the brother’s hat” [8, С. 210]. / «...вы выступаете в двух ипостасях: адвокат, лицо весьма формальное, и брат, очень близкий родственник» [6, С. 252].

В этом предложении наше внимание обращено на окказионально преобразованную ФЕ (*фразеологическая игра слова*). В рамках данного вида преобразований имеет место также *разрывное использование* фразеологизма, что делает возможным непосредственное обыгрывание элементов. Благодаря активизации прямого значения фразеологизма в целом и его компонента *hat* в частности Алекс Михаэлидес в яркой, образной манере сопоставляет две социальные роли персонажа, тем самым усиливая семантическое значение ФЕ, подчеркивая разницу двух форм общения героя – профессионального и неформального.

Анализируя способ перевода рассматриваемого фразеологизма, можно утверждать, что мы имеем дело с безэквивалентной и безаналоговой ФЕ, перенос на русский язык которой осуществляется посредством *переменного словосочетания*, то есть нейтрального варианта перевода. Хотя *выступить в ипостаси* встречается в русском языке как относительно закрепленный вариант употребления слова *ипостась*, он все же не фигурирует в словарях как аналог ФЕ из данного примера. Возможным аналогом, на наш взгляд, мог бы быть фразеологизм *сидеть на двух стульях*, но он имеет явно отрицательную коннотацию в отличие от нейтральной английской ФЕ и, соответственно, не подходит для описываемой ситуации. Обратимся к следующему примеру:

“He was wearing the lawyer’s hat again” [8, С. 212]. / «Он снова владел собой, скрывшись за личиной беспристрастного юриста» [6, С. 253]. А. Михаэлидес повторяет ФЕ, прибегая к трансформации *вклинивания*. Здесь происходит включение в состав устойчивого сочетания существительного *lawyer’s* в притяжательном падеже, за счет чего семантика фразеологической единицы, базирующейся на глагольной метафоре, приобретает узкую направленность и большую точность; появляется новая сема *профессии*, отражающая специфику описываемого персонажа и ситуации.

Перевод на русский язык не такой лаконичный и компактный, как оригинал. Здесь помимо *нейтрализации* ФЕ, автор перевода использует приемы *добавления* и *модуляции*. Это подтверждается отсутствием в английском варианте соответствия прилагательному *беспристрастный*, а также сочетаний *владел собой* и *скрывшись за личиной*. Переводчик применяет *модуляцию*, необходимую для сохранения верного смысла и стилистической выдержанности английского предложения при переводе.

Обратимся к следующему примеру:

“...the discussion went south real fast” [10, С. 169]. / «...когда я недавно начала разговор о семье, почти сразу произошел скандал» [7, С. 61]. В данном предложении значение фразеологической единицы *went south* усилилось благодаря *добавлению* наречия *fast* с разговорным интенсификатором *real*, за счет чего автор привнес сему быстрого действия в содержание устойчивого сочетания. В результате под влиянием *real* фразеологизм приобрел неформальный оттенок, а посредством *fast* – ускоренную динамику. В переводном варианте данной фразеологической единицы используется *нейтрализация* в сочетании с *модуляцией*. Поскольку в словарях этот фразеологизм имеет значение *ухудшаться* [2], автор перевода уместно применила подобную трансформацию. Иными словами, смысловое развитие, стало возможным благодаря причинно-следственной связи: разговор ухудшился – значит произошел скандал. Стоит отметить также, что наречие *fast* передано лексической единицей *сразу*, однако разговорный оттенок, который придает предложению компонент *real*, «потерян» в переводе.

Итак, проиллюстрировав анализ некоторых примеров, приведем общую статистику для 120 рассмотренных в исследовании фразеологизмов из романов «The Silent Patient» («Безмолвный пациент») и «Every Breath» («Каждый вдох») на предмет частотности приемов перевода и видов окказиональных трансформаций ФЕ.

Самым распространенным способом перевода ФЕ в переводных текстах рассмотренных произведений является *нейтрализация* (*перевод переменным словосочетанием*) (49%). В подавляющем количестве проанализированных случаев перевод с помощью переменного словосочетания был полностью оправдан, что объясняется необходимостью соответствовать нормам русского языка при переводе, учитывать уникальную описываемую ситуацию произведения, а также семантику возможных аналогов – их коннотацию и сферу использования. Помимо этого, *нейтрализация* ФЕ в тексте перевода может быть обусловлена отсутствием аналогов и, что еще более вероятно, эквивалентов в русском языке. По нашим наблюдениям, в таких случаях переводными вариантами часто выступали единичные глаголы или описание какого-либо действия или чувства.

Вторую позицию по частотности применения занимают *соответствия-аналоги* (18%) (“I kept up a pretty good front at first” [8, С. 222]. / «Первое время я держалась молодцом» [6, С. 267].). Многие из встретившихся нам англоязычных устойчивых сочетаний действительно располагали аналогами в русском языке, но были переведены нейтрально из-за стремления к точной передаче смысла оригинала (“...Tru found himself at loose ends” [10, С. 88]. / «...Тру не знал, чем заняться» [7, С. 33].) и к естественности звучания перевода (“...nothing that struck a chord in the same way Joe’s letter had” [10, С. 182]. / «...ни одно не тронуло так, как письмо Джо» [7, С. 66].).

Соответствия-эквиваленты составляют 14%. Такой низкий показатель соответствует мнению В.Н. Комиссарова о немногочисленности в языках эквивалентов ФЕ, которые, вероятнее всего, имеют интернациональный характер [3, С. 173]. Примеры перевода посредством эквивалента: “...which is just the tiniest part, really, the tip of an iceberg” [6, С. 8]. / «А ведь название – лишь крошечная часть явления, верхушка айсберга» [8, С. 6]. “The sword of Damocles is hanging over the Grove” [6, С. 130]. / «– Над Гроувом занесен дамоклов меч» [8, С. 157].

Также в статистику мы ввели еще один способ перевода, составляющий 16% от общего количества – *нейтрализация в сочетании с переводческими трансформациями*: *нейтрализация + добавление*; *нейтрализация + модуляция* (“He was wearing the lawyer’s hat again” [8, С. 212]. / «Он снова владел собой, скрывшись за личиной беспристрастного юриста»

[6, С. 253].); нейтрализация + конкретизация (“*Her parents made marriage seem effortless; her sisters were cut from the same cloth...*” [10, С. 65]. / «У родителей брак сложился словно без усилий; старшие сестры соблюдают преемственность...» [7, С. 24].); нейтрализация + антонимический перевод (“*We lost touch*” [8, С. 244]. / «Мы с ней давно не общались» [6, С. 294].

В ходе исследования из 120 примеров только 3% ФЕ были переведены методом калькирования (“*Don’t play the idiot*” [8, С. 234]. / «Не прикидывайтесь идиотом» [6, С. 282].).

Говоря об окказиональном преобразовании ФЕ в романах «The Silent Patient» («Безмолвный пациент») и «Every Breath» («Каждый вдох»), самым часто встречающимся типом контекстуальных преобразований является *вклинивание* – вставка новых компонентов в состав фразеологизма – (37%) (“*I kept up a pretty good front...*” [8, С. 222]. “...*setting it within easy reach...*” [10, С. 104].). Средними по частотности являются *добавление компонента/компонентов* – присоединение к началу или концу ФЕ слов различной семантики (25%), а также *замена компонента/компонентов* (19%). Популярность данных трансформаций можно объяснить легкостью включения, присоединения или замещения элемента в структуре фразеологизма, что позволяет автору вносить новые смы в ФЕ и/или усиливать/ослаблять интенсивность ее значения, переводить ее в другой стилистический пласт. Частотность применения других видов трансформаций распределяется по небольшим процентам.

Говоря о влиянии контекстуальных преобразований на перевод, следует отметить, что в некоторых случаях подобные семантические смещения были опущены (“...*tools were prone to vanishing into the ether...*” [10, С. 28]. / «...*инструменты там просто растворялись в воздухе...*» [7, С. 12-13]. – замена компонента *thin air* на *ether* [4, С. 932]), а в других переведены нейтральным вариантом, к которому переводчик обратился вместо имеющегося в русском языке соответствия, например, эквивалента, как в примере “*The sound kicked up butterflies in her stomach*” [10, С. 190]. / «По телу тут же пробежала дрожь» [7, С. 69].

Заключение

Резюмируя проведенное исследование, можно утверждать о семантической сложности и «гибкости» фразеологических единиц как выразительного средства языка, требующего тщательного подхода и изобретательности при переводе с английского языка на русский. Мы пришли к выводу, что перевод окказионально преобразованных, индивидуально авторских ФЕ, которые приобрели новые элементы значения, представляет собой передачу целостного смысла измененного фразеологизма с помощью соответствий (эквивалент, аналог, калька) или нейтрализации при частой комбинации с переводческими трансформациями.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы/References

1. Абдуллина, А.Р. Контекстуальные трансформации фразеологических единиц в английском и русском языках: дис. ... канд. филол. наук: 10.02.20 / Абдуллина Айсылу Равиловна. – Казань, 2007. – 167 с.
2. Collins English Dictionary Online. [Electronic resource]. – URL: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/go-south> (accessed: 03.02.22).
3. Комиссаров, В.Н. Современное переводоведение : учеб. пособие / В.Н. Комиссаров ; под ред. Д. И. Ермоловича. – Москва : Р. Валент, 2011. – 407 с.
4. Кунин А.В. Большой англо-русский фразеологический словарь / А.В. Кунин. – Москва : Рус. яз., 1984. – 944 с.
5. Кунин А.В. Курс фразеологии современного английского языка / А. В. Кунин. – Дубна : Феникс+, 2005. – 458 с.
6. Михаэлидес А. Безмолвный пациент / А. Михаэлидес; пер. с англ. О. Акопян. – Москва : Эксмо, 2019. – 290 с.
7. Спаркс Н. Каждый вдох / Н. Спаркс; пер. с англ. О.А. Мышаковой. – Москва : АСТ, 2018. – 143 с.
8. Michaelides A. The Silent Patient, / A. Michaelides. – United Kingdom : Celadon Books, 2019. – 336 p.
9. Naciscione A. Stylistic Use of Phraseological Units in Discourse / A. Naciscione. – Amsterdam : John Benjamins Publishing Company, 2010. – 292 p.
10. Sparks N. Every Breath, / N. Sparks. – United States : Grand Central Publishing, 2018. – 321 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abdullina, A.R. Kontekstual'nye transformacii frazeologicheskikh edinic v anglijskom i russkom yazykah [Contextual transformations of phraseological units in English and Russian]: dis. ... for PhD in Philology: 10.02.20 / Abdullina Aisylu Ravilevna. – Kazan, 2007. – 167 p. [in Russian]
2. Collins English Dictionary Online. [Electronic resource]. – URL: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/go-south> (accessed: 03.02.22).
3. Komissarov V.N. Sovremennoe perevodovedenie [Modern Translation studies]: study guide / V.N. Komissarov; ed. by D.I. Ermolovich. – Moscow : R. Valent, 2011. – 407 p. [in Russian]
4. Kunin A.V. Bol'shoj anglo-russkij frazeologicheskij slovar' [Great English-Russian phraseological dictionary] / A.V. Kunin. – Moscow : Rus. yaz., 1984. – 944 p. [in Russian]
5. Kunin A.V. Kurs frazeologii sovremennogo anglijskogo [The course of phraseology of modern English] / A.V. Kunin. – Dubna : Phoenix+, 2005. – 458 p. [in Russian]
6. Michaelides A. Bezmolvnijj pacient [The Silent Patient] / A. Michaelides; trans. by O. Akopyan. – Moscow : Eksmo, 2019. – 290 p. [in Russian]
7. Sparks N. Kazhdij vdoh [Every Breath] / N. Sparks; trans. by O.A. Myshakova. – Moscow : AST, 2018. – 143 p. [in Russian]
8. Michaelides A. The Silent Patient, / A. Michaelides. – United Kingdom : Celadon Books, 2019. – 336 p.
9. Naciscione A. Stylistic Use of Phraseological Units in Discourse / A. Naciscione. – Amsterdam : John Benjamins Publishing Company, 2010. – 292 p.
10. Sparks N. Every Breath, / N. Sparks. – United States : Grand Central Publishing, 2018. – 321 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.025>

**ФАКТОРЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ «DO + ИНФИНИТИВ»
В ДОРСЕТСКОМ ДИАЛЕКТЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА
(НА МАТЕРИАЛЕ ПИСЬМЕННЫХ ТЕКСТОВ РАЗНЫХ ЖАНРОВ)**

Научная статья

Павленко А.Е.¹*, Павленко Г.В.²

¹ ORCID: 0000-0002-2189-7166;

^{1, 2} Таганрогский институт имени А.П. Чехова, Таганрог, Россия

* Корреспондирующий автор (alex_pavlenko[at]inbox.ru)

Аннотация

В предлагаемой статье на материале дорсетского диалекта рассматривается в синхронии функционирование перифрастической конструкции «*do + инфинитив*» как важного элемента грамматики юго-западных вариантов английского языка. Анализ корпуса примеров позволяет сделать вывод о том, что в «идеальном» письменном дорсетском диалекте, т.е. в той его форме, которая представлена в произведениях поэта и филолога У. Барнса и некоторых его подражателей, перифрастическая конструкция с глаголом *do* является специализированной видовременной формой с хабитуальной семантикой. Представляется, что для регулирования употребления дорсетских глагольных конструкций с перифрастическим *do* оказываются второстепенными факторы (контексты), постулируемые для формально сходных употреблений в литературном английском. В «идеальном» дорсетском диалекте синтетический презенс практически отсутствует, и в плане настоящего имеется единственное противопоставление: перифрастический презенс – прогрессив. В плане прошедшего имеет место противопоставление перифрастического и синтетического претерита, видовые различия между которыми позволяют говорить о наличии в дорсетском диалекте своего рода «имперфекта» и «аориста».

Ключевые слова: дорсетский диалект, перифрастическая конструкция, конструкция «*do + infinitive*», утвердительное предложение, «привычный» вид (хабитуалис).

**MANAGEMENT AND ECONOMICS, TAGANROG, RUSSIA FACTORS GOVERNING THE DO + INFINITIVE
CONSTRUCTION IN THE DORSET ENGLISH DIALECT
(ON THE MATERIAL OF WRITTEN TEXTS OF DIFFERENT GENRES)**

Research article

Pavlenko A.E.¹*, Pavlenko G.V.²

¹ ORCID 0000-0002-2189-7166;

^{1, 2} Anton Chekhov Taganrog State Institute, Taganrog, Russia

* Corresponding author (alex_pavlenko[at]inbox.ru)

Abstract

In the proposed article based on the material of the Dorset dialect, the synchronous functioning of the periphrastic construction "*do + infinitive*" as an important element in the grammar of the South-Western variants of English is examined. The analysis of the corpus of examples allows concluding that in the "ideal" written Dorset dialect, i.e., in that form which is presented in the works of the poet and philologist W. Barnes and some of his imitators, the periphrastic construction with the verb *do* is a special form with habitual semantics. It seems that the factors (contexts) postulated for formally similar uses in literary English are secondary for regulating the use of Dorset verb constructions with the periphrastic "*do*". In the "ideal" Dorset dialect, synthetic present tense is virtually absent, and there is only one opposition in its terms: periphrastic present tense – progressive. In terms of the past tense, there is an opposition between the periphrastic and synthetic preterite, the form differences between which allow to speak of a kind of "imperfect" and "aorist" forms in the Dorset dialect.

Keywords: dorset dialect, periphrastic construction, *do + infinitive* construction, affirmative sentence, "habitual" form (habitualis).

Введение

В данной статье на материале дорсетского диалекта мы рассматриваем в синхронии функционирование перифрастической конструкции «*do + инфинитив*» как важного элемента аналитизма в нелитературных вариантах английского языка.

Использованные в качестве первичных источников дорсетские тексты можно классифицировать по 2 основным критериям: 1) хронологическому – все тексты XIX – начала XX в. (преимущественно, произведения дорсетского поэта У. Барнса, а также романы Т. Гарди последней трети XIX – первой четверти XX в.) рассматриваются нами как «классические», тогда как более поздние тексты XX в. мы характеризуем как «современные» и 2) критерию отнесенности текста к поэзии или прозе. Кроме того, тексты различаются по характеру представленной в них речи – прямая речь героев или повествование от лица автора.

Какие-либо выводы относительно частотности конструкции «*do + инфинитив*» в дорсетских первичных источниках можно делать только на основе примеров, взятых из поэтических текстов XIX в., написанных исключительно на диалекте и дающих достаточно однородный языковой материал для сплошной выборки, а также ряда текстов современных дорсетских авторов, подражающих своим предшественникам. Корпус этих текстов составил приблизительно 60 000 словоупотреблений. Примеры, взятые из прямой речи героев романов Т. Гарди, а также записи речи информантов, полученные в середине XX в., ввиду их неоднородности и трудностей в отделении собственно диалекта от диалектно окрашенного литературного языка, использовались лишь как иллюстративный материал. Их

объем составил около 25 000 словоупотреблений. Все первичные источники, снабженные условными аббревиатурами, приводятся в конце статьи, перед списком использованной литературы.

Благодаря обращению к более раннему письменному материалу (прежде всего к поэзии У. Барнса), можно судить о характере употребления перифрастических конструкций в период расцвета этой грамматической особенности в дорсетском диалекте. Низкая частотность ее употребления в имеющихся в нашем распоряжении малочисленных современных текстах и незначительное количество последних делают их статистическое исследование малоэффективным.

Основные результаты

Изучение употребления перифрастических конструкций с глаголом *do* и их эквивалентов в юго-западных диалектах в целом и в дорсетском диалекте в частности требует иного подхода, нежели сходная проблема в литературном английском. Это различие обусловлено разным статусом рассматриваемых конструкций в этих вариантах английского языка.

Обобщая контексты, способствующие употреблению перифрастических конструкций в литературном английском, Т. Даль указывает, что последние могут использоваться в утвердительных предложениях:

- 1) для различения форм настоящего и прошедшего времени таких односложных глаголов, как *cast, put, set*;
- 2) когда простые видовременные формы оказываются расположенными рядом с аналитическими;
- 3) чтобы избежать возникновения громоздких сочетаний согласных в результате употребления маркера прошедшего времени *-ed* в формах II л. ед.ч. глаголов;
- 4) когда при сказуемом имеется наречие;
- 5) чтобы подчеркнуть истинность сообщения;
- 6) чтобы подчеркнуть интенсивность эмоций говорящего;
- 7) в торжественных (*solemn*) утверждениях [1, С. 11-13].

Очевидно, что перечисленные условия употребления перифрастических конструкций определены факторами преимущественно структурного или прагматического характера и не могут быть приняты в качестве мотивационной основы распределения соответствующих конструкций в дорсетском диалекте. Действительно, признав особый видовой характер конструкций «*do + инфинитив*» в дорсетском диалекте, в плане изучения мотивации их употребления необходимо рассмотреть морфолого-синтаксические факторы, влияющие на их распределение, т.е. факторы внутренние, лежащие в ткани самого языка, а не воздействующие на него извне. Это не исключает, однако, необходимости параллельного рассмотрения внешних факторов в целях различения омонимичных употреблений, также встречающихся в дорсетском диалекте (см. семь вышеперечисленных случаев).

Зафиксированные в текстах корпуса простые (не перифрастические) формы настоящего времени формально совпадают с Present Simple литературной нормы. Есть такие примеры и в текстах У. Барнса, однако он не включает их в парадигму дорсетского глагола и постулирует для него только две видовые формы настоящего времени: Present Habitual и Present Actual. Особенно это характерно для поэтических текстов, в которых на использование перифрастических конструкций могут влиять факторы, связанные с требованиями стихосложения (т.е. внутрифразовое равновесие, размер, ритм, рифма). Различие воздействия этих факторов на употребление вспомогательного *do* в утвердительных предложениях в дорсетской и английской поэзии заключается в том, что в первой перифрастический *do* употребляется регулярно как маркер видовременной формы и опускается в виде исключения для удовлетворения просодических требований контекста. В английской литературной норме, где перифрастические конструкции не являются специализированными видовременными формами, вспомогательный *do*, наоборот, может в отдельных случаях осложнять синтетические формы для удовлетворения тех же требований. Сравните следующие примеры из стихотворений У. Барнса:

Present: 1) *An' swallows skim the water, bright / Wi' whirlèn froth, in western light* [22, С. 168].

Past: 2) *The stars that still do zet an' rise, / Did sheen in our forefather's eyes;*

но тут же: *They glitt'd to the wu'st men's zight, / The last will have em in their night* [22, С. 100].

На фоне других примеров, в которых в аналогичном контексте употребляются перифрастические конструкции, примеры, приведенные здесь, демонстрируют произвольное манипулирование глагольными формами с целью сохранения выбранного стихотворного размера. Следует отметить роль поэзии вообще в распространении перифрастических конструкций в литературном языке среднеанглийского периода. Действительно, перифрастический вспомогательный глагол *do*, вероятно, проникший в литературный язык из юго-западных диалектов, с самого начала эксплуатировался больше всего поэтами для упрощения рифмовки. Перифрастические конструкции не обязательно являются продуктом языка поэзии, однако можно считать вполне определенным, что именно через посредство поэзии они получили такое широкое распространение [2, С. 208].

Причины возникновения тенденции, противодействующей использованию перифрастической конструкции с *do* в современном литературном английском языке, ясны не до конца. Очевидно, однако, что в литературной норме такие конструкции не несут какого-либо видowego значения, отличного от соответствующих синтетических форм [3, С. 460], [4, С. 44], [5, С. 170]. Вплоть до XIX в. перифрастические конструкции и простые формы находились в отношении свободного варьирования, образуя парадигму смешанного типа. Перифрастические конструкции реализовывались как эмфатические в зависимости от места ударения в них. В современном английском от места ударения также в значительной степени зависит содержание перифрастической конструкции. Существует три возможных варианта такого распределения ударения: (А) "*He did gó*", где *did* слабее отмечен ударением, чем инфинитив. Такие употребления обусловлены в литературном английском структурными факторами и в меньшей степени предназначены для передачи усиления. В современном литературном английском этот тип малоупотребителен. (Б) "*He did gó*", где на *did* и на инфинитив приходится равное по силе ударение. Это наблюдается в таких примерах, как: а) "*Rewarde him he did*", с *did* в конечной позиции; б) "*I do but waste my time*" с *but* перед инфинитивом; в) "*He dooeth and must believe it*", где *do* сопоставляется с другим вспомогательным глаголом. (В) "*He díd go*", где на *díd* приходится основное ударение. Именно

последний тип этого употребления является собственно эмфатическим [6]. Ни в одном из этих случаев перифрастический *do* не является маркером особого видового значения, отличающего бы аналитическую конструкцию от соответствующей синтетической формы.

Представляется, что для дорсетского диалекта необходимо ввести дополнительную позицию, просодически совпадающую с первыми двумя: (Г) "*He did go!*", где ударение распределяется поровну или выделяет сильнее инфинитив. В этом случае, однако, перифрастическая конструкция с *do* является специализированной видовременной хабитуальной формой.

В дорсетском диалекте присутствуют все четыре употребления (т.е. на одно больше, чем в норме), причем, имея дело с письменной речью, их довольно трудно, а в некоторых случаях и просто невозможно различить. Действительно, бывает трудно разграничить употребление *do* в целях обеспечения внутрифразового равновесия или достижения эмфазы, с одной стороны, и в составе специализированной аналитической конструкции, с другой. Функционально-семантические различия просодически идентичных употреблений можно выявить исходя из контекста, а также в случае параллельного употребления словообразовательных и лексических средств выражения множества ситуаций. Сравните примеры:

- 1) *I sowed the seeds of love, / It was all in the spring, / In April, May, and sunny June, / When small birds they do sing* [16].
- 2) *Zum time went by 'n he did veel / His shartened lag, wi' pag vull length / Made'n think he c'd work vur real...* [19].

В примерах, приведенных выше, употребление *do*, вероятно, обусловлено требованиями стихосложения.

- 3) *I don't know about ghosts" she was saying; "but I do know that our souls can be made to go outside our bodies...* [27].
- 4) *...I shall always say I don't care, and swear to it, though I do care all the while* [23].

Здесь появление *do* вызвано противопоставлением отрицания и утверждения, причем в последнем примере при этом возникает эмфатический оттенок.

- 5) *The while their mother's needle sped, / Too quick for zight, the snow-white thread, / Unless her han', wi' lovén ceäre, / Did smooth their little heads o'heäir* [22].

В последнем примере *...needle sped...* синтетическая форма употреблена для сохранения размера, хотя она не выражает никакого иного видовременного значения по сравнению с аналитической формой *...han'...Did smooth...*. Примеры эти можно было бы продолжить. Очевидно, что единственным точным критерием для различения эмфатических и неэмфатических (видовременных) конструкций с *do* в утвердительных предложениях является внутрифразовое ударение, которое в первом случае должно приходиться на этот глагол, обуславливая при этом нередуцированность гласного его корня. Однако, имея дело исключительно с письменной речью, особенно с материалом произведений У. Барнса, который во всех случаях употребляет полную, нередуцированную форму вспомогательного глагола, вывод об эмфатичности или неэмфатичности *do* можно сделать только на основе рассмотрения контекста, в случае употребления при сказуемом наречий, сигнализирующих хабитуальность выражаемого им видового значения, а также при наличии восклицательного знака в конце предложения. Сравните, например:

- 6) *So you do see I be right about thick, my sonnies* [29].
- 7) *I do so wish the room below was ceiled...* [28].
- 8) *But I do pity you – deeply – O, so deeply!* [16].
- 9) *I do indeed remember – too well!* [23].
- 10) *...I do beg of 'ee to consider before it is too late...!* [16].

Как правило, безошибочно идентифицируются как специализированные видовременные конструкции только такие употребления, как *d'know; d'think; d'call; 'st want; 's take* и т.п. Возможны, однако, такие примеры, в которых форма *'st* употребляется в предложении наряду с восклицательным знаком:

- 11) *I'll be fess enough, my poppet, when th'st know!* [27].
- 12) *Ah, th'st think th'beest every body, dostn't, because th'beest first favourite with He just now!* [27].

Обсуждение

Повторим, что для регулирования употребления дорсетских глагольных конструкций с перифрастическим *do* являются второстепенными факторы (контексты), постулируемые рядом исследователей для формально сходных употреблений в литературном английском [1], [8]. Это обстоятельство обусловлено отсутствием особой видовой семантики у сочетания «*do* + инфинитив» в утвердительных предложениях в литературном английском.

Представляется целесообразным распределить контексты, в которых встречаются перифрастические конструкции, в порядке нарастания противодействия их употреблению, а также указать те из них, в которых эти формы и вовсе невозможны.

Из всех возможных случаев употребления перифрастических конструкций в придаточных предложениях здесь как отдельные контексты рассматриваются только придаточные времени и условия. Примеры распределялись следующим образом:

- 1) Презенс: а. сказуемое главного предложения и всех видов придаточных, кроме придаточных времени и условия; б. сказуемое придаточного времени; в. сказуемое придаточного условия;
- 2) Претерит: а. сказуемое главного предложения и всех видов придаточных, кроме придаточных времени и условия; б. сказуемое придаточного времени; в. сказуемое придаточного условия. Употребление перифрастических конструкций является полностью невозможным: а. если в роли смыслового глагола выступает *be* или *have*; б. в неличных формах глагола; в. в пассивных конструкциях.

Что касается сочетаемости перифрастического *do* с глаголами различных типов, то *be, have* и большая часть модальных глаголов являются единственным исключением из правила, демонстрируемого нашими примерами. Действительно, перифрастический *do* встречается в сочетании с любыми глаголами. Сравните, например:

- 13) *"What do you do on the farm?" – "I do do carting things all the year..."* [16].
- 14) *...it do do my heart good to see a old woman so clapper and stirring* [30].

15) ...*that...do do me good...* [22].

Примеры 13-15 показывают, что субстантное совпадение служебной и знаменательной частей сказуемого, выраженного перифрастической конструкцией, не является контекстом, исключающим возможность употребления вспомогательного *do*. Любопытны и такие примеры, как:

16) *Thou'st (i.e. thou dost) ought to be able to translate such a little chiel as she* [28].

17) ...*if you can't read a maid's mind by her motions, nater d'seem to say thou'at ought to be a bachelor* [28].

Здесь употреблению перифрастического '*st (dost)* не препятствует даже наличие в сказуемом модального глагола *ought*. Правда, в этих примерах *dost*, по-видимому, имеет усилительный оттенок. В примере

18) *An' then, besides the cow, why we do let / Our geese run out among the emmet hills...* [22],

перифрастический *do* сочетается также с глаголом *let*, семантика которого среди прочих оттенков имеет и каузативный.

Еще одним фактором, влияющим на сочетаемость перифрастического *do* со смысловым глаголом, является переходность/непереходность употребления последнего. Ряд авторов отмечает тот факт, что непереходные глаголы, выражающие повторяющееся, привычное действие, получают аффикс *-y (-ee)* и часто употребляются с перифрастическим *do* [9], [10], [11], [14]. Особенно это характерно для глаголов, относящихся к профессиональной сельскохозяйственной лексике, таким как *milky, thatchy, reapy, hedge-carpentry, masonry* и т.п., например:

19) *We d'arvees mulky 'boud o'vive... = We always (do) milk about five (o'clock)* [24].

В связи с этим, при классифицировании примеров отдельно регистрировались случаи непереходных употреблений типа *do/did + (V + y)*.

Заключение

Даже относительно небольшой корпус разножанровых текстов, написанных на дорсетском диалекте, дает возможность судить о частотности в этом варианте английского языка перифрастических конструкций с глаголом *do* в утвердительных предложениях. Особое место среди таких употреблений занимают презентные и претеритальные конструкции с хабитуальной (итеративной) семантикой, представляющие собой отличительную черту дорсетской и, шире, юго-западной английской грамматики. Наряду с ними встречаются также и примеры, семантически не отличающиеся от нормативных английских употреблений: эмфатических с ударенным *do* и неэмфатических, с *do* безударным.

В «классическом» дорсетском диалекте, т.е. в той его форме, которая представлена в произведениях поэта и филолога У. Барнса и некоторых его подражателей, синтетический презенс практически отсутствует, и в плане настоящего имеется единственное противопоставление: перифрастический презенс – прогрессив. Немногочисленные примеры простых презентных форм, встречающиеся в произведениях упомянутых авторов, следует рассматривать как редуцированные образования, возникшие в результате утраты перифрастическими конструкциями глагола *do*. Перифрастический презенс представляет собой совокупность употреблений сочетания «*do + инфинитив*», одна часть которых может трактоваться как формы хабитуалиса, а другая – как формы, в видовом отношении нейтральные. Приведем еще несколько примеров, в которых конструкция «*do + инфинитив*» имеет семантику привычности: 1) *The creepen days an' weeks do vill / Up years...* [22]. 2) *An' we do lay upon the bwoard / The very best...* [22]. 3) *...the same quantity d'last her three weeks...* [28].

В плане прошедшего имеет место противопоставление перифрастического и синтетического претерита, видовые различия между которыми позволяют говорить о наличии в дорсетском диалекте своего рода «имперфекта» и «аориста», соответственно; ср.: 1) *...white geese... / Did veed among the emmet-hills...* [22]. 2) *I did think you cared for him...* [16]. Но: 3) *...She died at Woak Hill* [22]. 4) *I packed up my goods...* [22]. Кроме того, в плане прошедшего сохраняется также и прогрессив.

Употребление перифрастического *do* в дорсетском диалекте является полностью невозможным в следующих контекстах: а) если в роли смыслового глагола выступает *be* или *have*; б) в неличных формах глагола; в) в конструкциях страдательного залога. Глаголы *be, have* и большая часть модальных глаголов являются единственным лексическим ограничением на употребление перифрастического *do*. Так, например, в нашем корпусе зафиксировано употребление 268 глаголов, принадлежащих к различным лексико-семантическим группам, что свидетельствует о широте лексического охвата этого явления в дорсетском диалекте.

Оформление инфинитива суффиксом *(-y)*, например, *reäky, drashy, milky, markety, jumpy, slammy* при непереходном употреблении глагола без косвенных дополнений повышает вероятность использования перед таким инфинитивом перифрастического *do*, поскольку инфинитив на *(-y)* в дорсетском диалекте следует отнести к грамматическим мультипликативам. Сказуемое, конституентами которого являются перифрастический *do* и инфинитив на *(-y)*, выражает действие, совершаемое (или совершавшееся) привычно и регулярно, что обусловлено прежде всего семантикой инфинитива. Инфинитив на *(-y)* представляет собой типичную юго-западную черту, однако частотность этого употребления достаточно низка – всего 5 случаев в нашем корпусе примеров: 1) *When I do pitchy, 'tis my pride...* [22]. 2) *We d'arvees mulky 'boud o' vive...* [24]. 3) *...doors did slammy* [22].

В свете всего вышесказанного на следующем этапе исследования необходимо определить относительное количество перифрастических конструкций «*do + инфинитив*» в имеющемся корпусе примеров с целью получить приблизительное представление об их общем удельном весе в дорсетской системе глагола. Кроме того, представляется важным определить количественные параметры установленного параллельного употребления аналитических и синтетических форм презенса (не-прогрессива).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Dahl T. Linguistic studies in some Elizabethan writings II: The auxiliary do / T. Dahl // *Acta Jutlandica*. – 1956. – № 1. – P.11-86.
2. Ellegård A. The auxiliary do. The establishment and regulation of its use in English / A. Ellegård // *Gothenburg Studies in English II*. – Stockholm, 1953. – P.46–208.
3. Koziol H. The emergence of paraphrasing with do / H. Koziol // *Germanic-Romance Monthly*. – 1936. – № 24. – P.460.
4. Engblom V. On the origin and early development of the auxiliary do / V. Engblom // *Lund Studies in English*. – 1938. – P. 44–65.
5. Ellegård A. The auxiliary do. The establishment and regulation of its use in English / A. Ellegård // *Gothenburg Studies in English II*. – Stockholm, 1953. – P. 46–208.
6. Visser F.Th. An historical syntax of the English language / F.Th. Visser. – Leiden, 1969.
7. Dahl T. Linguistic studies in some Elizabethan writings II: The auxiliary do / T. Dahl // *Acta Jutlandica*. – 1956. – № 1. – P.11–86.
8. Ard J. Auxiliary Do: support or emphasis? / J. Ard // *Linguistics*. – 1982. – Vol. 20-5/6 (255/256). – P.445-466.
9. Wright J. The English dialect grammar / J. Wright. – Oxford, 1905.
10. Widén B. Studies on the Dorset dialect / B. Widén // *Lund Studies in English*. – 1949. – Vol. XVI.
11. Wakelin M.F. English dialects: an introduction / M.F. Wakelin. – London, 1972.
12. Wakelin M.F. Rural dialects in England / M.F. Wakelin // *Language in the British Isles*. – Cambridge, 1984. – P. 70-93.
13. Wakelin M.F. The south west of England (Varieties of English around the World) / M.F. Wakelin. – Amsterdam – Philadelphia, 1986. – Vol. 5.
14. Gachelin J.-M. Transitivity and intransitivity in the dialects of Southwest England. In: Peter Trudgill and Jack K. Chambers (eds.), *Dialects of English: Studies in Grammatical Variation* / J.-M. Gachelin. – London : Longman, 1991. – P. 218–228.
15. Ellis A.J. On early English pronunciation / A.J. Ellis. – London, 1889. – Pt. V.
16. Hardy Th. Far from the madding crowd / Th. Hardy. – New York, 1960.
17. Green B. A morning stroll in May / B. Green // *The Dorset Year Book*. – 1982. – P.46.
18. Hardy Th. Jude the obscure / Th. Hardy. – New York. 1967.
19. Mitchell R.M. What Gramfer told I / R.M. Mitchell // *The Dorset Year Book*. – 1991. – P.50.
20. Hardy Th. The life and death of the mayor of Casterbridge / Th. Hardy. – Moscow, 1964.
21. Powys J.C. Wolf solent / J.C. Powys. – London, 1961.
22. Barnes W. Poems of rural life selected poems / W. Barnes; ed. by G. Grigson. – Cambridge : Mass., 1950.
23. Hardy Th. Return of the native / Th. Hardy. – Leipzig, 1879.
24. Somerset and Dorset Notes and Queries. – 1899. – Vol. VI. – P.104-108.
25. Survey of English dialects: Basic material / ed. by H. Orton et al. – Leeds, 1967.
26. The song of Solomon in the Dorset dialect / Translated by W. Barnes. – London – Dorchester, 1859.
27. Hardy Th. Tess of the D'Urbervilles. A pure woman / Th. Hardy. – London – Glasgow, 1972.
28. Hardy Th. Under the greenwood tree / Th. Hardy. – London – Toronto, 1926.
29. Widén B. Studies on the Dorset dialect / B. Widén // *Lund Studies in English*. – 1949. – Vol. XVI.
30. Hardy Th. The woodlanders / Th. Hardy. – New York – London, 1887.
31. Young R. Poems in the Dorset dialect / R. Young; ed. by J.C.M. Mancel-Pleydell. – Dorchester, 1910.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.026>

СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ РЕКЛАМНЫХ СЛОГАНОВ

Научная статья

Лукошкова Ю.А.*

ORCID: 0000-0002-4834-9776,

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

* Корреспондирующий автор (Shuniator[at]mail.ru)

Аннотация

Данная работа посвящена изучению стилистических особенностей оформления англоязычных рекламных слоганов из различных сфер деятельности: питание, парфюмерия, спорт и другое. Для анализа были использованы рекламные слоганы, размещённые на различных Интернет-сайтах. Автор ставит своей целью выявление разноуровневых изобразительно-выразительных и стилистических средств в англоязычных рекламных слоганах. Актуальность работы объясняется возрастающим значением рекламы как одного из типов массовой коммуникации в жизни современного общества. Рекламный текст является формой существования определенной культуры, продуктом современной эпохи [3], что обуславливает необходимость его всестороннего исследования. Новизна исследования состоит в том, что в работе впервые были выявлены самые используемые стилистические приёмы и причины их эффективности. В работе были использованы метод случайной выборки для отбора материала, метод структурного анализа, описательный и количественный методы. Объектом исследования в данной работе является англоязычный рекламный слоган. Предмет исследования – стилистические приёмы и особенности рекламного слогана.

Ключевые слова: слоган, реклама, стилистические приёмы, выразительные средства.

STYLISTIC FEATURES OF THE DESIGN OF ENGLISH-LANGUAGE ADVERTISING SLOGANS

Research article

Lukoshkova Y.A.*

ORCID: 0000-0002-4834-9776,

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

* Corresponding author (Shuniator[at]mail.ru)

Abstract

This work is dedicated to the study of stylistic features of the English-language advertising slogans from various spheres of activity: food, perfumes, sports and others. Advertising slogans posted on various Internet sites were used for the analysis. The author aims to identify multi-level visual and expressive and stylistic means in the English-language advertising slogans. The relevance of the work is justified by the increasing importance of advertising as one of the mass communication types in the life of modern society. The advertising text is a form of a certain culture's existence, a product of the modern era [3], which makes necessary its comprehensive research. The novelty of the study lies in the fact that for the first time the most used stylistic techniques and the reasons for their effectiveness were established in the research. In the work, the method of random sampling for the selection of material, as well as the methods of structural analysis, descriptive and quantitative ones were used. The object of research of the paper is an English-language advertising slogan. The subject of the research is stylistic devices and features of advertising slogans.

Keywords: slogan, advertising, stylistic devices, expressive means.

Введение

Слоган – это рекламная фраза, которая в сжатом виде излагает рекламное предложение, связывает имя, легенду и достоинство товара [10]. Основная цель слогана – зацепить внимание клиента, дать определённое представление о предлагаемом товаре или услуге, вызывая при этом у него определенный набор эмоций, ассоциаций, мнений [6]. Ценность любого рекламного слогана складывается из двух компонентов: маркетинговой ценности (информация об объекте рекламы) и художественной ценности (форма в которой заключена информация [7]). Для того, чтобы слоган был эффективным и играл огромную роль в продвижении продукта, он должен быть правильно составлен и должен соответствовать следующим требованиям:

- концентрация сути коммерческого предложения;
- относительная краткость при большой эмоциональной насыщенности;
- простой и легкий язык, способствующий лучшему восприятию и запоминаемости;
- должен легко переводиться на иностранные языки [9].

Кроме этого, каждый успешный слоган должен обладать следующими характеристиками:

- эффект скрытого диалога;
- языковая игра;
- ритмические и фонетические повторы;
- краткость [8].

Исследование

В данной работе рассмотрены стилистические приёмы и языковые средства, которые применяются для создания яркого, эффектного, запоминающегося слогана, и приведены конкретные примеры слоганов, иллюстрирующие их использование.

1. Фонетические стилистические средства

Аллитерация:

1) *"No battery is stronger longer" (Duracell).*

В данном слогане повтор – *er* делает слоган легким и звучным, а использование сравнительной степени доносит до клиента все преимущества данного товара.

2) *"Maybe she's born with it. Maybe it's Maybelline".*

Известный всем слоган косметического бренда *Maybelline*, используется с 1961. Благодаря повтору морфемы *maybe* он является броским, запоминающимся и звучным.

Апокопа:

1) *"I'm lovin' it" (McDonalds).*

2) *"The best part of wakin' up... is Folgers in your cup" (Folgers Coffee).*

По правилам произношения, согласная буква "g" в словах *loving* и *walking* не произносится. Поэтому вместо нее стоит апостроф, что делает слоган более современным и привлекательным для клиента.

Рифма:

1) *"Just heat & eat" (Rosella, Australian soup brand).*

Рифма в данном слогане достигается за счёт созвучия слов *heat / eat*. Слоганы с использованием рифмующихся слов являются запоминаемыми.

2) *"The creamiest dreamiest" (Life Savers, candies).*

Здесь рифма достигается за счёт схожих по звучанию сочетаний согласных звуков [kr] и [gr] и повтора гласного звука [i:] в словах *creamiest, dreamiest* [5].

Фонетическая компрессия:

1) *"If it's gotta be clean.....It's gotta be Tide" (Tide).*

В данном слогане вместо полной формы *got to* используется сокращение *gotta*. Это способствует приближению письменной рекламной речи к разговорной, что благоприятствует созданию коммуникативной близости клиента и данного слогана.

Ономатопея:

1) *"Snap! Crackle! Pop!" (Rice Crispies).* Данный слоган создаёт некие звуковые ассоциации о рекламируемом товаре, что делает его живым и эмоциональным.

2) *"Click click. Ding dong" (интернет-магазин Kalahari).* Звукоподражание указывает на главное преимущество компании – быстроту доставки приобретённого товара.

2. Графические средства

Графическое выделение звука:

1) *"Gives You Wiiiings" (Red Bull).*

Графическое смещение:

1) *"You're not fully clean until you're ZESTfully clean" (мыло Zest Soap).*

2) *"Be bold! Be beautiful! Be Borgata! (Borgata Nail Salon).*

Шрифтовыведение:

1) *"RELy on REL for real RELief" (анальгетик REL Maryland Pharmaceutical).*

2) *"The only one good enough to be called ReaLemon" (лимонад ReaLemon).*

Сленг:

1) *"Get yo nails did" (Blonde Tiger Nail Salon).* В данном случае вместо притяжательного местоимения *your* используется жаргонное слово *yo*.

2) *"The experts in mani's and pedi's".* Здесь можно видеть сокращение слов *manicures* и *pedicures*.

В обоих случаях используются графоны (намеренные искажения графического облика слов [2]), которые делают данные слоганы современными и молодёжными.

3. Лексические стилистические средства

Сравнение:

1) *"Breakfast without orange juice is like a day without sunshine".* Апельсиновый сок сравнивается с солнечным светом, подчёркивая главные преимущества данного продукта – возможности зарядиться позитивной энергией на весь день.

2) *"Taste as good as it smells" (Maxwell House Coffee).*

Гипербола:

1) *"Bounty – the taste of paradise" (Bounty candy bar).* Несмотря на то, что шоколадный батончик Bounty действительно имеет потрясающий вкус, производители утверждают, что он самый вкусный и имеет вкус «рая».

2) *"Everybody loves Ritz" (Ritz savoury cracker).*

Олицетворение:

1) *"Red Bull vitalizes body and mind" (Red Bull).* В данном примере напиток наделяется качествами доктора, который способен взбодрить твоё тело и оживить мысли.

2) *"Breakfast never sounded so good" (Jimmie Dean Sausages).*

Оксюморон:

1) *"Impossible is nothing" (Adidas).*

2) *"Loseley. Traditionally extraordinary" (Loseley dairy ice cream).*

В обоих примерах производители соединили несовместимые понятия, заставляя покупателя прочесть слоган несколько раз и задуматься над ним.

Метафора:

1) *"Skittles ... taste the rainbow" (Skittles).* В этом слогане производители сопоставляют конфеты с радугой. По их мнению, эти конфеты такие же яркие, как это природное явление и также заряжают позитивной энергией.

Каламбур:

1) *"Fly with US" (US Airways).* В данном случае используется хитрый ход, так как слово *US* может иметь несколько значений: 1) *US* – «мы» (Летай с НАМИ); 2) *US* – «США» (Летай с Соединёнными штатами).

2) *"More Fanta. Less serious" (Fanta)*. Здесь можно видеть игру слов. Слово *Fanta* обозначает сам напиток, но в контексте подразумевается, что *Fanta* – это *Fun*, т.е. «веселье».

Аллюзия:

1) *"Grab life by the horns" (Dodge)*. Данный слоган представляет собой аллюзию на устойчивое выражение «Взять быка за рога» и в данном случае означает «взять жизнь под свой контроль», «стать независимым».

2) *"We're gonna tempt your tummy, with the taste of Nuts and Honey, its a honey of an 'O', it's Honey Nut Cheerios" (Honey Nut Cheerios)*. Слоган отсылает нас к детской считалке.

Зевгма:

1) *"Grate it, grill it, spear it, stuff it, bake it, break it, toast it, roast it, post it"*.

2) *"Buy it. Sell it. Love it" (Ebay)*.

В обоих примерах все действия производятся над одним объектом, что делает слоганы ритмичными и запоминающимися, несмотря на их объём.

4. Синтаксические стилистические средства

Повтор:

1) *"He keeps going and going and going" (Energizer)*.

В данном случае повтор не только делает слоган звучным и запоминающимся, но также рассказывает о главных преимуществах товара – надёжности и долгом сроке годности.

2) *"Share the moment Share life" (Kodak)*.

Анафора:

1) *"Easy to buy..... Easy to own..... Easy as Dell" (Dell Computers)*.

2) *"Never Had It, Never Will" (about caffeine) (7-Up)*.

В обоих примерах слоганов, в результате использования анафоры, рекламодателям удалось расставить акценты на главных преимуществах товаров.

Градация:

1) *"Wedding hair. Event hair. Everyday hair" (Ran Hair Studio)*. В данном слогане используется градация с расширением значения: от узкого использования (повседневная причёска) к более широкому (свадебная причёска).

Парцелляция:

1) *"Kid tested. Mother approved" (Kix Cereal)*.

С помощью парцелляции авторы разграничили мнения ребёнка и мамы, говорящих о высоком качестве хлопьев.

Риторический вопрос:

1) *"Hungry? Why wait?" (Snickers)*.

Смотря на такую рекламу, у клиента невольно возникает чувство голода, и он задаёт себе вопрос: «Не голоден ли я?». При положительном ответе он купит данный продукт.

2) *"Who does your hair?" (Copper Lane Hair Studio)*.

Читая слоган, клиент задаёт себе вопрос: «А всё ли в порядке с моими волосами?». В противном случае он воспользуется услугами данного салона.

Результаты

Автором было проанализировано 140 англоязычных рекламных слоганов на предмет использования в них стилистических приёмов на фонетическом, графическом, стилистическом и синтаксическом уровнях (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Кол-во выявленных слоганов на каждый приём

Языковые уровни	Стилистические приёмы	Количество
Фонетический	Аллитерация	11
	Апокопа	3
	Рифма	9
	Фонетическая компрессия	5
	Ономатопея	6
Графический	Графическое выделение звука	4
	Шрифтовыведение	9
	Графическое смещение	7
Лексический	Сравнение	12
	Гипербола	10
	Олицетворение	7
	Метафора	6
	Каламбур	5
	Аллюзия	3
	Сленг	2
	Зевгма	2
	Оксюморон	2
Синтаксический	Повтор	9
	Анафора	6
	Градация	3
	Парцелляция	9
	Риторический вопрос	5
Конвергенция стилистических средств		10

Как видно из таблицы, на фонетическом уровне больше всего было зафиксировано случаев употребления аллитерации и рифмы. Менее популярные в этой группе – оноματοпоя, фонетическая компрессия, апокопа. На графическом уровне наиболее популярными оказались шрифтовывделение и графическое смешение. Наименее употребляемый приём – графическое выделение звука. На лексическом уровне: лидирующие положения занимают сравнение, гипербола, олицетворение. Наименее используемые средства – сленг, зевгма, оксюморон. На синтаксическом уровне наиболее широко используются повтор, парцелляция, анафора.

В ходе исследования выявлено частое использование конвергенции стилистических средств (сочетание нескольких стилистических приемов) [4].

Лексические стилистические средства являются наиболее востребованными при создании слоганов англоязычной рекламы. Процентное соотношение использования стилистических средств показано на диаграмме (см. рисунок 2).

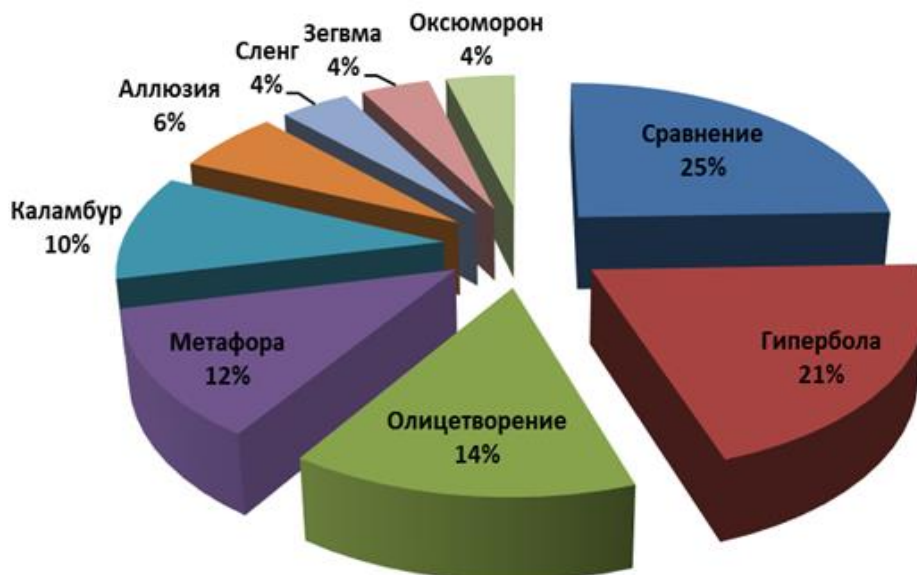


Рис. 2 – Процентное соотношение лексических стилистических приёмов

Видно, что абсолютными фаворитами среди данных средств являются такие приёмы, как сравнение и гипербола.

Сравнение – одно из основных и простейших средств выразительности, в каких бы формах оно не являлось. С помощью него устанавливается превосходство одного продукта над другими или выделяются наиболее характерные свойства рекламируемого товара: ведь именно сравнение дает возможность подчеркнуть преимущества определенного товара перед его аналогами, с помощью сравнения достигается экспрессивность и оценочность.

Жесткая конкуренция на рынке создаёт необходимость преувеличить качества товара, его вкусовые свойства для привлечения клиента. С помощью гиперболы легко можно воздействовать на сознание потребителя, на склонность многих людей к преувеличению. Именно поэтому гипербола регулярно используется в слоганах и занимает ведущее положение. Видно, что абсолютными фаворитами среди данных средств являются такие приёмы, как сравнение и гипербола.

Заключение

Поскольку реклама является одним из мощных рычагов формирования и моделирования общественного мнения, слоган несет в себе особую информационную и эмоциональную нагрузку. Его основной функцией является манипулятивная функция, а его основной целью – побуждение адресата к совершению желаемого для отправителя действия [1]. Внимательно изучив примеры англоязычных слоганов различных сфер деятельности, можно сделать вывод, что все стилистические приемы делают слоган звучным, легко запоминающимся и направлены на выполнение данной функции с целью презентации наилучших свойств и характеристик, скрытого сравнения с конкурентами.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Амири Л.П. Игра слов как способ привлечения внимания к рекламному тексту (на материале современной и англоязычной рекламы) / Л.П. Амири // Журналистика: информационное пространство / отв. ред. А.Л. Факторович. – Краснодар : Кубанский государственный университет, 2004. – С. 33-37.
2. Гальперин И.Р. Стилистика английского языка / И.Р. Гальперин. – Москва : Либроком, 2010. – 336 с.
3. Ильясова С.В. Языковая игра в коммуникативном пространстве СМИ и рекламы / С.В. Ильясова, Л.П. Амири. – Москва : Флинта : Наука, 2009. – 296 с.
4. Имшинецкая И. Креатив в рекламе / И. Имшинецкая. – Москва : РИП-холдинг, 2004. – 172 с.
5. Кривоносов А.Д. PR-текст в системе публичных коммуникаций / А.Д. Кривоносов. – Санкт-Петербург : Петербургское Востоковедение, 2002. – 96 с.
6. Кромптон А. Мастерская рекламного текста / А. Кромптон. – Москва : Тольятти: Догвань, 1999. – 130 с.
7. Курганова Е.Б. Игровой аспект в современном рекламном тексте / Е.Б. Курганова. – Воронеж : ВГУ, 2004. – 122 с.
8. Морозова И. Слагая слоганы / И. Морозова. – Москва : РИП-Холдинг, 2003. – 172 с.
9. Романова Т.Н. Слоганы в языке современной рекламы / Т.Н. Романова. // Лингвистика. – 2001. – № 3. – С.14–17.

10. Слободянюк Э.П. Настольная книга копирайтера / Э.П. Слободянюк. – Москва : Вершина, 2008. – 256 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Amiri L.P. Igra slov kak sposob privlecheniya vnimaniya k reklamnomu tekstu (na materiale sovremennoj i angloyazychnoj reklamy) [Word play as a way to draw attention to the advertising text (on the material of modern and English-language advertising)] / L.P. Amiri // Zhurnalistika: informacionnoe prostranstvo / ed. by A.L. Faktorovich. – Krasnodar : Kuban State University, 2004. – P. 33–37. [in Russian]
2. Gal'perin I.R. Stilistika anglijskogo yazyka [Stylistics of the English language] / I.R. Gal'perin. – Moscow : Libpokom, 2010. – 336 p. [in Russian]
3. Il'yasova S.V. / Yazykovaya igra v kommunikativnom prostranstve SMI i reklamy [Language game in the communicative space of the media and advertising] / S.V. Il'yasova, L.P. Amiri. – Moscow : Flinta : Nauka, 2009. – 296 p. [in Russian]
4. Imshineckaya I. Kreativ v reklame [Creative in advertising] / I. Imshineckaya. – Moscow : RIP-holding, 2004. – 172 p. [in Russian]
5. Krivonosov A.D. PR-tekst v sisteme publichnyh kommunikacij [PR-text in the system of public communications] / A.D. Krivonosov. – Saint-Petersburg : Peterburgskoe Vostokovedenie, 2002, – 96 p. [in Russian]
6. Krompton A. Masterskaya reklamnogo teksta [Advertising Text Workshop] / A. Krompton. – Moscow : Tol'yatti: Dogvan', 1999. – 130 p. [in Russian]
7. Kurganova E.B. Igrovoy aspekt v sovremennom reklamnom tekste: ucheb. posobie [Game aspect in modern advertising text: textbook. Allowance] / E.B. Kurganova. – Voronezh : VGU, 2004. – 122 p. [in Russian]
8. Morozova I. Slagaya slogany [Making up slogans] / I. Morozova. – Moscow : RIP-Holding, 2003. – 172 p. [in Russian]
9. Romanova T.N. Slogany v yazyke sovremennoj reklamy [Slogans in the language of modern advertising] / T.N. Romanova. // Lingvistika. – 2001. – № 3. – P.14–17. [in Russian]
10. Slobodyanyuk E.P. Nastol'naya kniga kopirajtera [Copywriter's Handbook] / E.P. Slobodyanyuk. – Moscow : Vershina, 2008. – 256 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.027>

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ДЕФИНИЦИИ «БИЛИНГВИЗМ»

Научная статья

Кидиралиева Н.М.¹ *, Сабирова В.К.²

¹ Ошский гуманитарно-педагогический институт имени А. Мырсабекова, Ош, Киргизия;

² Ошский государственный университет, Ош, Киргизия

* Корреспондирующий автор (bashtovaya-lera[at]mail.ru)

Аннотация

Изучение появления билингвизма (двуязычия) в истории человечества является актуальным. Миграция огромных масс людей, наблюдаемая во всех странах современного мира, смешанные браки людей разных национальностей, параллельное существование людей с багажом различных языковых культур и другие факторы привели к тому, что изучение билингвизма стало проблемой мирового масштаба.

Проблема билингвизма в науке стала изучаться недавно, хотя исследования проблемы были начаты в 1960-е годы силами лингвистов, первыми обратившимися к двуязычию. Но интерес ученых сместился в область психологии, и разработки отдельных ученых остались без востребования. В статье предпринята попытка восполнить этот пробел при помощи анализа определенных точек зрения и концепций, объясняющих этот феномен.

Ключевые слова: билингвизм, двуязычие, идея, наука, проблема, феномен, теория.

SCIENTIFIC APPROACHES TO THE DEFINITION OF "BILINGUALISM"

Research article

Kidiralieva N.M.¹ *, Sabirova V.K.²

¹ A. Myrsabekov Osh Humanitarian Pedagogical Institute, Osh, Kyrgyzstan;

² Osh State University, Osh, Kyrgyzstan

* Corresponding author (bashtovaya-lera[at]mail.ru)

Abstract

The study of the emergence of bilingualism in the history of mankind is relevant. The migration of huge masses of people in all countries of the modern world, mixed marriages between people of different nationalities, the parallel existence of people with background from different linguistic cultures and other factors have led to the fact that the study of bilingualism has become a global problem.

The problem of bilingualism in science has recently begun to be studied, although research began in the 1960s by linguists who were the first to address bilingualism. But the interest of scientists has shifted to the field of psychology, and the developments of individual scientists have remained irrelevant. The article attempts to fill this gap by analyzing certain points of view and concepts explaining this phenomenon.

Keywords: bilingualism, idea, science, problem, phenomenon, theory.

Введение

Перенос проблемы билингвизма из лингвистики в другую науку обогатил новыми открытиями в психолингвистике, но они касались только проблем воспитания и обучения в контексте педагогики и образования. Сращение ряда отраслей наук водно явление «билингвизм» привело к появлению билингвологии, соединяющей интересы лингвистов, культурологов, педагогов, психологов, социологов, этнографов и т. д.

Формулировка проблемы или задачи

Билингвизм стал эталоном взаимопонимания, толерантности и уважения к чужой культуре и другому языку. Такие явления возникают обычно при определенных историко-политических и социально-культурных предпосылках. При их многополярности необходимо присутствие объединяющей их черты в виде стабильности. В первую очередь здесь необходима политическая атмосфера в стране, нужно проводить реформы в сфере идеологии и культурного строительства со стороны правительства. Только при проведении властями мудрой политики толерантности по отношению ко всему населению в стране происходит культурный подъем, что подразумевает рост интереса к искусству, литературе, науке и иным высоким сферам общественного сознания. В многонациональных странах, как правило, появляются предпосылки к развитию билингвизма и полиязычия. Однако при складывании предпосылок к переменам в сторону нестабильности, политической дестабилизации и неправильной трансформации, язык чутко реагирует на подобные изменения. Билингвизм становится неустойчивым и переходит в другие ипостаси: став не координативным, а субординативным, и билингвизм становится диглоссией.

Предлагаемое решение и его теоретическое обоснование

Схожие процессы происходят на уровне даже общественной ячейки, где моделируются процессы всего социума, но уже в меньшем масштабе. Билингвизм как подверженная разрушениям при любой нестабильности структура чутко реагирует на любые изменения в поведении людей. Когда билингвальные родители не передают свои знания языковой культуры своему ребенку, то он не сможет стать билингвом. На макроуровне, если государство не проводит языковую политику, поддерживающую иные культуры, то и страна станет монолингвальной, а любые проявления чужой языковой культуры будут погашаться. Принять значимость современных процессов в языках нужно, чтобы понимать процессы в истории культуры.

Лидируют в изучении феномена билингвизма Канада, США и Швейцария, и в каждой стране зародилась историография развития двуязычия. В Канаде начало билингвизма начинается с 1867 года, когда законодательно закрепилось франко-английское двуязычие, почти через столетие, в 1964 году состоялось учреждение Королевской

Комиссии по билингвизму и бикультурности. Главным итогом работы ее стало закрепление франко-английского билингвизма в Конституции Канады в 1982 году. С этого времени канадская языковая политика строится на поддержке проектов по изучению, развитию и поддержке двуязычия согласно «Плану действий для официальных языков» Федерального правительства, чутко реагирующего «на новые моменты канадского лингвистического дуализма» посредством предоставления финансовых субсидий на образование, общественное развитие и коммунальные услуги для работы координирующих разнообразную деятельность организаций.

В Советском союзе термин «билингвизм» появился только в середине XX века, хотя само государство провозгласило себя единой страной для 15 республик еще в 1930 году, а в Российской Федерации проживало более 150 этнических групп и народностей. В многонациональной среде вопрос об изучении родного и русского языков ставился с превалированием последнего в виду его статуса как государственного языка «старшего брата». Что потом явилось также одной из главных причин развала СССР, поскольку национальные элиты взяли на вооружение вопрос о статусе титульного языка, что сыграло главную роль.

Провозглашенная властью стратегия проведения индустриализации, коллективизации и культурной революции увенчалась провозглашением ликвидации безграмотности. Но грянувшая Великая Отечественная война все разрушила и заставила забыть о развитии культурных аспектов жизни.

Во время войны с фашистами в основном общение происходило на государственном языке, и эта тенденция стала расти в послевоенный период общей истории. Однако русские, кто жил в союзных республиках, активно осваивали национальные «новые языки» для комфортного общения. Культурная политика поддержала восстановление разрушенных объектов и развитие отстающих республик. Повсюду открывались библиотеки с книгами на русском и национальном языках, а получение высшего образования становится главной прерогативой для формирования новой социальной страты – интеллигенции. Пропаганда русскоязычной культуры способствовали кино, книги, периодика, радио, театры, телевидение, цирк и др. В результате появились и исследователи двуязычия в окраинных республиках (О. С. Ахманова, Ю. Д. Дешериев и др.), правда, к концу 1980-тых годов диглоссия затихла в связи с развалом союза, избравшего путь суверенитета. Обретение независимости изменило отношение к русскому языку, перенявшего слабую позицию от сильной.

В 1970-1980 годы в билингвистике активно работали лингвисты (Л. В. Щерба, О. С. Ахманова, Л. И. Баранникова, М. М. Михайлов, педагоги Р. Ю. Барсук, В. Ю. Розенцвейг, А. Д. Швейцер [6], психологи Е. М. Верещагин, социологи Ю. Д. Дешериев, А. К. Рейцак, А. И. Холмогоров [7] и др. Специалисты этой области научного знания после своих встреч на семинарах издавали сборники научных трудов под руководством Института языкознания Академии наук СССР, например, «Методы лингвистических исследований» (М., 1976) и др. [8].

Практическое исследование и выводы

Рассматривая проблемы билингвизма, можно заметить, что толкование термина «билингвизм» спорно в связи с тем, что различные аспекты его исследования охватывают достаточно широкий дискурс. М. П. Алексеев отмечает много неясной противоречивости с терминами. Даже сама дефиниция «билингвизм» может обозначать одинаковое владение двумя (или более) языками, или наличие двух или более языков на какой-то одной территории [1, С. 205]. Можно отметить здесь два подхода: 1) от индивида (одинаковый уровень владения одним человеком двумя языками) и 2) от коллектива (наличие на одной территории двух языков).

О. С. Ахманова в своем «Словаре лингвистических терминов» сохраняет первый подход одинакового владения двумя языками и вместо второго указывает знание двух языков «в разных условиях общения, например, родным диалектом и литературным языком», т. е. не различает индуктивный и дедуктивный подходы к существованию языков [2].

Соединение индивидуального и коллективного подходов сделано Ю. Д. Дешериевым при определении билингвизма, делая особый упор на знание кроме своего языка, «второго языка», причем степень владения им «может быть различной» [4, С. 330].

Два типа билингвизма – полный и частичный – различает В. А. Аврорин, когда под билингвизмом понимается «одинаковое свободное активное владение двумя языками», способность думать без перевода [3, С. 50]. Этой трактовки придерживается и американская школа изучения билингвизма, когда сложно определить родной язык у билингва [5, С. 75].

Заключение

Итак, билингвизм считается «знанием в совершенстве как исконного родного, так и второго языка» [9], его можно интерпретировать как «пользование двумя языками как полноценными», а также как одинаковое владение двумя языками», а еще как «умение ... пользоваться вторым языком в определенных сферах общения» [10]. Все эти определения билингвизма верны и имеют право на существование с позиций индивида.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Алексеев М.П. Восприятие иностранных литератур и проблема иноязычия / М.П. Алексеев // Труды юбилейной научной сессии ЛГУ. – Ленинград, 1946. – С. 205.
2. Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов / О.С. Ахманова. – Москва, 1966.
3. Дешериев Ю.Д. Закономерности развития и взаимодействия языков в советском обществе / Ю.Д. Дешериев. – Москва, 1969. – 330 с.
4. Аврорин В.А. Проблемы изучения функциональной стороны языка (к вопросу о предмете социолингвистики) / В.А. Аврорин. – Ленинград : Наука, 1975.
5. Филин Ф.П. Очерки по теории языкознания / Ф.П. Филин. – Москва, 1982.

6. Ханазаров К.Х. Критерии двуязычия и его причины / К.Х. Ханазаров // Проблемы двуязычия и многоязычия. – Москва : Наука, 1982.
7. Холмогоров А.И. Конкретно-исторические исследования двуязычия / А.И. Холмогоров. – Москва, 1972.
8. Юдахин А.П. Билингвизм и проблемы связи языка и мышления. Теоретические проблемы социальной лингвистики / А.П. Юдахин. – Москва, 1981.
9. Юмаева Л.А. Отражение двуязычия в художественной прозе / Л. А. Юмаева. – Москва, 2012.
10. Russia and the West: the dialog of cultures. – Moscow, 1995.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alekseev M.P. Vospriyatie inostrannykh literatur i problema inoyazychiya: Trudy yubilejnoj nauchnoj sessii LGU [Perception of Foreign Literatures and the Problem of Foreign Linguistics: Proceedings of the Jubilee Scientific Session of the LSU] / M.P. Alekseev. – Leningrad, 1946. – P. 205. [in Russian]
2. Akhmanova O.S. Slovar' lingvisticheskikh terminov [Dictionary of Linguistic Terms] / O.S. Akhmanova. – Moscow, 1966. [in Russian]
3. Desheriev Yu.D. Zakonomernosti razvitiya i vzaimodejstviya yazykov v sovetskom obshchestve [Regularities of Language Development and Interaction in Soviet Society] / Yu.D. Desheriev. – Moscow, 1969. – 330 p. [in Russian]
4. Avrorin V.A. Problemy izucheniya funkcional'noj storony yazyka (k voprosu o predmete sociolingvistiki) [Problems of the Study of the Functional Side of Language (On the Subject of Sociolinguistics)] / V.A. Avrorin – Leningrad : Nauka, 1975. [in Russian]
5. Filin F.P. Ocherki po teorii yazykoznaniya [Essays on the Theory of Linguistics] / F.P. Filin. – Moscow, 1982. [in Russian]
6. Khanazarov K.Kh. Kriterii dvuyazychiya i ego prichiny [Criteria of bilingualism and its causes] / K.Kh. Khanazarov // Problemy dvuyazychiya i mnogoyazychiya [Problems of bilingualism and multilingualism]. – Moscow : Nauka, 1982. [in Russian]
7. Kholmogorov A.I. Konkretno-istoricheskie issledovaniya dvuyazychiya [Concrete Historical Studies of Bilingualism] / A.I. Kholmogorov. – Moscow, 1972. [in Russian]
8. Yudakhin A.P. Bilingvizm i problemy svyazi yazyka i myshleniya. Teoreticheskie problemy social'noj lingvistiki [Bilingualism and the Problems of Linking Language and Thought. Theoretical Problems of Social Linguistics]. / A.P. Yudakhin – Moscow, 1981. [in Russian]
9. Yumaeva L.A. Otrazhenie dvuyazychiya v hudozhestvennoj proze [Reflection of bilingualism in fiction prose] / L.A. Yumaeva. – Moscow, 2012. [in Russian]
10. Russia and the West: the Dialogue of Cultures. – Moscow, 1995.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.028>**СЕМАНТИКА ПОЛИТИЧЕСКОГО ТЕКСТА (НА МАТЕРИАЛЕ АНГЛИЙСКОГО И РУССКОГО ЯЗЫКОВ)**

Научная статья

Ибрагимова М.А.*

Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова, Грозный, Россия

* Корреспондирующий автор (marishkaa.ibragimova95[at]gmail.com)

Аннотация

В статье проводится семантический и корпусный анализ политических текстов, в частности, употребление политическими текстами референтных знаков или социологем, ярлыков, описывающих государственную идеологию на материале политических текстов английского и русского языков. Тексты взяты из Национального корпуса русского языка, Параллельного корпуса. Результаты исследования показывают, что понимание и детальный анализ политических текстов дает возможность выявить стилистику речи политических деятелей и партий, специфику их семантики при переводе. Особенность политических текстов заключается в том, что каждый народ, каждая политическая партия воспроизводит и воспринимает одни и те же термины по-разному, основываясь на состоянии страны, культуры и истории народа и то, как переводчик подбирает нужные слова для перевода.

Ключевые слова: политическая коммуникация, семантический, корпусный анализ, понятие «власть».

SEMANTICS OF POLITICAL TEXT (BASED ON ENGLISH AND RUSSIAN MATERIALS)

Research article

Ibragimova M.A.*

Kadyrov Chechen State University Grozny, Russia

* Corresponding author (marishkaa.ibragimova95[at]gmail.com)

Abstract

The article conducts semantic and corpus analysis of political texts, in particular, the use of political themes, reference signs or sociological elements, labels describing state ideology based on the material of political texts in English and Russian. The texts are taken from the National Corpus of the Russian language, the Parallel corpus. The results of the study show that understanding and detailed analysis of political texts makes it possible to identify the style of speech of political figures and parties, the specifics of their semantics in translation. The specifics of political texts is that each nation, each political party reproduces and perceives the same terms in different ways, based on the state of the country, culture and history of the people and on the way the translator selects the right words for translation.

Keywords: political communication, semantic, corpus analysis, the concept of «power».

Введение

Актуальность темы обусловлена тем, что политическая коммуникация является главным механизмом, посредством которого реализуется власть в обществе. Успех политиков зависит от их речи, от того насколько они были убедительны, от красноречивости, мимики, искусства устного и письменного слова. Цель данной работы - выявить специфику семантики при переводе политических текстов. Научная новизна темы состоит в том, что предпринимается попытка провести семантический анализ лексических средств политических текстов и их переводов на русский язык, отражающих особенности современной политической культуры и ценностей. Практическая значимость работы заключается в том, что материалы ее могут быть использованы в курсах по переводу и лексикологии. Материал исследования: тексты из средств массовой коммуникации, толковые словари, контексты из Национального корпуса русского языка. Методы исследования – семантический, сопоставительный, корпусный анализ.

Основная часть

Семантический анализ в лингвистике относится к анализу значений слов, фиксированных выражений, целых предложений и высказываний в контексте. На практике это означает перевод оригинальных выражений в некоторый семантический метаязык. Поэтому основные теоретические вопросы семантического анализа зависят от природы метаязыка или эквивалентной репрезентативной системы [7, С. 92-120].

В первые десятилетия нового тысячелетия мы стали свидетелями экспоненциального увеличения количества, качества и актуальности социально-общественного дискурса в международной политической сфере. Можно сказать, что политический дискурс раскрывает скрытую повестку дня современных крупномасштабных кризисов: финансового кризиса, смены власти, террористических атак и т.д.

Давнее признание подлинной ко-эволюции языка и политики восходит к классической греческой и римской риторике – Аристотель и Цицерон были двумя выдающимися именами в этом отношении, утверждая, что искусство публичных выступлений является ключом к активной гражданской позиции. Приоритет отдается принятию решений в общественных делах (увещивать или удерживать от действия) и церемониальным установкам (восхвалять или дискредитировать кого-либо) соответственно. Это ещё одно живое доказательство того, что язык не находится в социальном и политическом вакууме, напротив, он выполняет сложные функции. Кроме того, глубоко укоренившаяся западная философская традиция (в частности, Платон) закрепляет активную силу языка в политическом государстве, основанную на нормативном подходе [11]. Неоспоримая институциональная значимость английского языка и беспрецедентная потребность в языковых услугах, подпитываемые глобализацией, технологическим прогрессом и демографическими изменениями, объясняют нынешнюю идеологию и аксиологию структур и практик перевода.

Корпус текстов представляет собой, по мнению Т. МакЭнери и Э. Вилсона, «собрание языковых фрагментов, отобранных в соответствии с четкими языковыми критериями для использования в качестве модели языка». Корпусный

метод в исследовании языка отсылает к различным видам корпусов. Непосредственно связанные с переводом – это параллельный и сопоставительный корпус. Параллельный и сопоставительный корпус представляет собой такой тип корпуса, в котором зафиксированы тексты на языке оригинала и перевода. Подобные корпуса позволяют изучить способы перевода, особенности значения и структуры единиц перевода, выявить частоту их встречаемости в текстах, специфику текстов, в которых они употребляются. Важным является также то, что в корпусах проводится анализ употребления языковых единиц в естественных ситуациях, а не искусственных, представлены тексты разных жанров [3, С. 32-36], [5, С. 280-292].

Употребление политема, как правило, используется в терминологическом, словарном значении, и нетерминологическом, в определенных контекстах политических выступлений.

Например, термин «коммунизм» означает «революционный социализм, основанный на теории философа Карла Маркса и Фридриха Энгельса, выделяющих как доминантную общественную собственность на средство производства и плановую экономику» [4, С. 49-54]. В следующем контексте понятие «коммунизм» описывается как «кровавый взлет и отсутствие свободы», что не соответствует терминологическому пониманию данной политемы.

Communism itself is based on historical determinism: one of Marx's points was that the world was moving inexorably towards communism, an argument that regime-builders such as Lenin and Mao used to justify their violent rises to power. – Сам коммунизм основан на историческом детерминизме: Маркс в числе других своих идей полагал, что мир неизбежно движется к коммунизму. Именно этим аргументом правители вроде Ленина и Мао оправдывали свой кровавый взлет [8].

Другим примером можно привести слово *демократия*. Под «правлением народа» демократия – это система правления, которая не только позволяет, но и требует участия народа в политическом процессе для надлежащего функционирования. Президент США Авраам Линкольн в своей знаменитой Геттисбергской речи 1863 года, возможно, лучше всего определил демократию как «... правительство народа, для народа...». В статье The New York Times автор Дэвид Брукс описывает демократию либеристов, как идею власти, рассредоточенную по системе отношений и институтов, и как восприятие этой демократии российскими политиками.

In the first place, liberal democracy is built on the idea that power should be dispersed across a system of relationships and institutions. Putin stands for the idea that authority should be centralized, with one leader at the top and iron lines of authority flowing downward. He stands for the idea that liberal democracy descends into chaos when there is no social trust, that it is a fraud that allows the well-connected to plunder everyone else.

Во-первых, либеральная демократия построена на идее, что власть должна быть рассредоточена по системе отношений и институтов. Путин выступает за идею о том, что власть должна быть централизованной, с одним лидером наверху и железными линиями власти, текущими вниз. Он выступает за идею о том, что либеральная демократия погружается в хаос, когда нет социального доверия, что это мошенничество, которое позволяет людям с хорошими связями грабить всех остальных [6].

Референтные знаки, социологемы, как компоненты политической коммуникации, – термины, названия, которые используются в области политического управления, государственной власти [1, С. 119]. Например: *Secretary of State – Государственный секретариат, The Civil Rights Act – Закон о гражданских правах, Congress – Конгресс*. В политическом дискурсе часто используются ярлыки, имеющие эмоционально оценочный характер определяющий имидж политических движений, партий и деятелей. В политическом дискурсе функция ярлыков во многих случаях связана с репрезентацией негативной оценки. Например: *Примечательно, что в период 2008 и 2009 гг. в зарубежных СМИ Сочи систематически упоминается в связи с встречами первых лиц России с представителями зарубежного истеблишмента (Дж. Буш-младший, А. Меркель, А. Лукашенко) и российскими официальными лицами. It is to be noted that in 2008 and 2009 foreign mass media regularly refer to Sochi in the context of the meetings of the Russian heads of state with other countries' leaders (George W. Bush, Angela Merkel, Alexander Lukashenko) and Russian officials [10].* В данном примере мы видим, что в российских СМИ описывают Дж. Буша-младшего, А. Меркель и А. Лукашенко как зарубежных представители истеблишмента.

The top candidates include a devout, unapologetic socialist supported by millennials and a growing population of people who love free stuff; an unconvicted felon supported by an older generation that should know better and an establishment that cheats and lies almost as much she does; and a narcissistic, megalomaniacal man-child Democrat-masquerading-as-Republican supported by individuals who are angrily and desperately rolling the dice on a cult-of-personality much like the Democrats did eight years ago. – Лучшие кандидаты включают набожного, непримиримого социалиста, поддерживаемого миллениалами, и растущее население людей, которые любят бесплатные вещи; неосужденный преступник, поддерживаемый старшим поколением, которое должно знать лучше, и истеблишментом, который обманывает и лжет почти столько же, сколько и она; и нарциссический, маниякальный мужчина-ребенок-демократ, маскирующийся под республиканца, поддерживаемый людьми, которые сердито и отчаянно бросают кости на культ личности, как это сделали демократы восемь лет назад [9].

В политическом дискурсе ярлыки могут быть использованы в негативном смысле и позитивном одновременно. В основном это связано с тем, что во время дебатов политическая партия описывает себя в положительном свете, в то время как их соперники описывают их в отрицательном. Н.А. Куприна даёт определение идеологемы – «вербально выраженная политическая или политизированная идея». Условно идеологемы разделены на два лагеря: легитимные, то есть использующиеся в официальной риторике, презентующие государственную идеологию, а также использующиеся в официальной государственной пропаганде идей и ценностей. Вторая группа, это альтернативные первой, традиционной трактовке. Они презентуют иные идейные взгляды и течения, идеи и ценности. Одно из традиционных трактовок идеологемы описывает ее так: «содержание языковых единиц, официально определяемое идеологической системой». Идеологемы также рассматриваются в контексте политического дискурса, идеологической системы с законами и правилами [2, С. 84-88]. Например: *According to Fedor Dedus, the designated director of the technopolis, the city's specialists "will concentrate on the following initiatives: information and telecommunication systems, artificial intelligence, robotic complexes, supercomputers, technical vision and pattern recognition, information security, nanotechnology*

and nanomaterials, energy tech and technology life support cycle, as well as bioengineering, biosynthetic and biosensor technologies. – Согласно директору технополиса Федору Дедусу, работающие в городе специалисты сосредоточатся на следующих направлениях: информационные и коммуникационные системы, искусственный интеллект, кибернетические комплексы, суперкомпьютеры, искусственное зрение и распознавание паттернов, информационная безопасность, нанотехнологии и наноматериалы, энергетические технологии и системы искусственного жизнеобеспечения, а также биоинженерия, биосинтетические и биосенсорные технологии.

"But in our advanced developments, we are definitely the leaders," Putin said, adding that Russia is also № 1 in the world by the scale of upgrades of its traditional weapons. – «Но в наших передовых разработках мы, безусловно, лидеры», – сказал Путин, добавив, что Россия также №1 в мире по масштабам модернизации своего традиционного оружия [10].

В данных примерах показано, как слова информационная безопасность, нанотехнологии, суперкомпьютер, модернизация и т.п. содержат идеологию в положительном оценочном компоненте. Первые лица страны показывают, что «модернизация» – это приоритетные направления, то, к чему надо стремиться. Из этого примера мы делаем вывод, что люди или субъекты, наделенные властью, диктуют нам, как понимать названные языковые единицы. Поэтому такие тексты и служат источниками государственной идеологии. В них формируются новые идеологемы и переосмысливаются старые.

Заключение

Семантический анализ в политических текстах имеет свою особенную специфику, чем в литературном жанре. Политический дискурс является неотъемлемой частью жизни каждого человека, понимание и анализ политических текстов дает нам возможность осознать стилистику речи политических деятелей и партий.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Воробьева О.И. Политическая лексика. Ее функции в современной устной и письменной речи / О.И. Воробьева. – Архангельск, 2000. – С 119.
2. Каблуков Е.В. Официальные идеологемы: специфика функционирования в современном российской медиадискурсе / Е.В. Каблуков // Вестник Новосибирского государственного университета. – 2012. – Т.11. – Вып. 6. – С 84-88.
3. Мельник В.И. Переводческие корпусы – что они могут сказать нам о переводе и его преподавании? / В.И. Мельник // Санкт-Петербургский государственный университет. – С 32–36.
4. Резникова Н.А. Семантический анализ политической лексики / Н.А. Резникова // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2005. – № 4. – С. 49–54.
5. Юсупова С.М. Концепт «Конфликт» в корпусном измерении идиом / С.М. Юсупова // Современные исследования социальных проблем. – 2018. – № 4. – С. 280–292.
6. Brooks D. Vladimir Putin, the Most Influential Man in the World. / D. Brooks // The New York Times. – 2018.
7. Goddard C., Schalley A.C. – Handbook of Natural Language Processing / C. Goddard, A.C. Schalley. – CRC Press : Taylor & Francis, 2010. – P. 90–120.
8. Johnson I. China's memory manipulators / I. Johnson // The Guardian. – 2016.
9. Regan L.B. America is on the Road to Declinistan / L.B. Regan // American Thinker. – 2016.
10. Национальный корпус русского языка. [Электронный ресурс]. URL: <https://ruscorpora.ru> (дата обращения: 12.02.2022)
11. Does Translation (Ex)Change Everything? A Framework for Political Translation // Semantic Scholar. [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/sFj8A> (дата обращения: 12.02.2022)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vorob'eva O.I. Politicheskaja leksika. Ee funkcii v sovremennoj ustnoj i pis'mennoj rechi [Political vocabulary. Its functions in modern oral and written speech] / O.I. Vorob'eva. – Arhangel'sk, 2000. – P 119. [in Russian]
2. Kablukov E.V. Oficial'nye ideologemy: specifika funkcionirovaniya v sovremennom rossijskoj mediadiskurse [Official ideologems: specifics of functioning in the modern Russian media discourse] / E.V. Kablukov // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Novosibirsk State University]. – 2012. – Vol.11. – № 6. – P 84-88. [in Russian]
3. Mel'nik V.I. Perevodcheskie korpusy – chto oni mogut skazat' nam o perevode i ego prepodavanii? [Translation Corps – what can they tell us about translation and its teaching?] / V.I. Mel'nik // Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet [St. Petersburg State University]. – P. 32–36. [in Russian]
4. Reznikova N.A. Semanticheskij analiz politicheskoy leksiki [Semantic analysis of political vocabulary] / N.A. Reznikova // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Bulletin of Tomsk State Pedagogical University]. – 2005. – № 4. – P. 49–54. [in Russian]
5. Jusupova S.M. Koncept «Konflikt» v korpusnom izmerenii idiom [The concept of «Conflict» in the corpus dimension of idioms] / S.M. Jusupova // Sovremennye issledovaniya social'nyh problem [Modern studies of social problems]. – 2018. – № 4. – P. 280–292. [in Russian]
6. Brooks D. Vladimir Putin, the Most Influential Man in the World. / D. Brooks // The New York Times. – 2018. [in Russian]
7. Goddard C., Schalley A.C. – Handbook of Natural Language Processing / C. Goddard, A.C. Schalley. – CRC Press : Taylor & Francis, 2010. – P. 90–120.
8. Johnson I. China's memory manipulators / I. Johnson // The Guardian. – 2016.
9. Regan L.B. America is on the Road to Declinistan / L.B. Regan // American Thinker. – 2016.
10. Nacional'nyj korpus russkogo jazyka [National Corpus of the Russian language]. [Electronic resource]. URL: <https://ruscorpora.ru> (accessed: 12.02.2022) [in Russian]
11. Does Translation (Ex)Change Everything? A Framework for Political Translation // Semantic Scholar. [Electronic resource]. URL: <https://clck.ru/sFj8A> (accessed: 12.02.2022)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.029>**РИТОРИЧЕСКИЕ КОДЫ АНТОНИМОВ В БИОГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВЕДЕНИИ В.Н. БРЯНЦЕВОЙ
«ДЕТСТВО И ЮНОСТЬ СЕРГЕЯ РАХМАНИНОВА»**

Научная статья

Ступина Е.С.*

Нижегородская государственная консерватория им. М. И. Глинки, Нижний Новгород, Россия

* Корреспондирующий автор (stupina.ek[at]mail.ru)

Аннотация

Код является такой структурой, которая включает в себя знания о всех сферах бытия на текущий момент, также знания о прошлом опыте. В терминологическом смысле употребляются сочетания культурный код, социальный код, политический код. Риторический код в современной терминологической системе имеет несколько толкований. Это может быть связано с тем, что инструментарий риторики как прикладной науки достаточно разнообразен. Большую роль в облегчении восприятия риторически организованной речи играют метатекстовые средства, которые помогают объяснить логический ход авторских рассуждений. Прагматика произведения формируется благодаря риторическим приемам и жанровой специфике, поэтому понимание риторического кода связана с анализом приемов средств выразительности в рамках конкретных жанров или тематических дискурсов. В биографическом произведении риторический код реализован с учетом личности главного героя, сферы его интересов и образа жизни. В биографии композитора необходимо учитывать музыкальную составляющую. Реализация значения каждого слова в тексте манифестирует определенную идею, которая создает код. Особенно специфичны в разнообразии выражаемых смыслов являются антонимы. Феномен антонимии заключается в том, что между антонимами возникает смысловое напряжение. Антонимы, включенные в один контекст, не только выразительное средство, но и смыслообразующие элементы текста. Они участвуют в формировании кода отрицания ожидаемого, кода противоречия, кода контрастности чувств. С помощью антонимов автор показывает, насколько отличался от своих ровесников мальчик в постижении музыкальной науки. Смысловой ресурс, который формируют антонимы, помогает понять прагматический смысл высказывания и позволяет говорящему выразить свою мысль максимально точно.

Ключевые слова: антонимия, риторический код, значение, прагматика, смысл.

**RHETORICAL CODES OF ANTONYMS IN THE BIOGRAPHICAL WORK OF V.N. BRYANTSEVA
«CHILDHOOD AND YOUTH OF SERGEI RACHMANINOV»**

Research article

Stupina E.S.*

Nizhny Novgorod State Conservatory named after M. I. Glinka, Nizhny Novgorod, Russia

* Corresponding author (stupina.ek[at]mail.ru)

Abstract

The code is a structure that includes knowledge about all spheres of being at the present moment, as well as knowledge about past experience. In a terminological sense, the combinations of cultural code, social code, political code are used. The rhetorical code has several interpretations in the modern terminological system. This may be due to the fact that the tools of rhetoric as an applied science are quite diverse. A significant role in facilitating the perception of rhetorically organized speech is played by metatextual means that help explain the logical course of the author's reasoning. The pragmatics of a work is formed due to rhetorical techniques and genre specifics, therefore, understanding the rhetorical code is associated with the analysis of techniques of means of expression within specific genres or thematic discourses. In a biographical work, the rhetorical code is implemented taking in accordance with the personality of the main character, the area of their interests and lifestyle. In the biography of a composer, it is necessary to take into account the musical component. The implementation of the meaning of each word in the text manifests a certain idea that creates the code. Antonyms are especially specific in the variety of meanings expressed. The phenomenon of antonymy manifests in a semantic tension between antonyms. Antonyms included in the same context are not only expressive means, but also semantic elements of the text. They form the code of negation of the expected, the code of contradiction, the code of contrast of feelings. With the help of antonyms, the author shows how different the boy was from his peers in the mastering of musical science. The semantic resource formed by antonyms helps to understand the pragmatic meaning of the utterance and allows the speaker to express their thought most accurately.

Keywords: antonymy, rhetorical code, meaning, pragmatics, meaning.

Введение

В современной науке термин код употребляется достаточно часто. Его можно увидеть в работах, касающихся исследований в области систем программирования, а также в трудах гуманитарного знания, например, в культурологии, в философии, в лингвистике. В системе терминов употребляются сочетания *культурный код*, *социальный код*, *политический код*. В лингвистическом отношении понятие «код» сочетается с определениями *семантический*, *речевой*, *риторический*.

При этом некоторые ученые, например Е.Н. Широкова, считают, что не следует соотносить термин код с тематическими областями знаний, а использовать как «средство их вербализации». Тогда появится возможность специфицировать код как лингвистический термин и исключить его многозначность. В этом случае предполагается «рассмотрение естественного языка как системы кодов» [9, С. 53]. Подобная идея учитывает проявления неоднородности национального языка при номинации предметов и явлений действительности, ибо один предмет или явление может именоваться по-разному, в зависимости от коммуникативной ситуации. Например, одного и того же человека могут назвать лжецом или фантазером. В таком случае код, связанный с обозначением человека, который

говорит неправду, будет сформирован на основании экспрессивной семантики номинирующего слова – *лжец* или *фантазёр*.

Таким образом, мы должны понимать, что реализация значения каждого слова в тексте манифестирует определённую идею, которая создает код. Ю.Д. Апресян пишет о том, что выражаемые в языке значения «складываются в некую систему взглядов, своего рода коллективную философию, которая навязывается в качестве обязательной всем носителям языка» [1, С. 39]. Следовательно, эту систему можно назвать кодом.

Понятие риторического кода используется в научной литературе благодаря исследованиям У. Эко, Ю.Лотмана, Р.Барта.

Широкое определение риторического кода, предложенное У. Эко, гласит, что это «система риторических фигур, примеров и аргументов», соотносимая со множеством конкретных речевых и визуальных ситуаций в различных дискурсах [10, С. 224]. Следовательно, риторические приемы, традиционно используемые в эстетической и воздействующей функции, являются компонентом императивно-суггестивных речевых стратегий

В.Н. Степанов, взяв за основу подход У. Эко, считает, что риторические коды представляют собой совокупность субкодов «эмоционально-экспрессивных средств (традиционные тропы и фигуры речи) и речевых жанров (провокативные стратегии и жанры)» [7].

В настоящей работе нас будет интересовать риторическая идея, заложенная в кодовой структуре антонимов в тексте произведения В.Н. Брянцева «Детство и юность Сергея Рахманинова». Это биографическое произведение об известном композиторе включает более пятисот антонимических пар, что подчеркивает универсальность и распространенность риторического потенциала противоположных по значению слов.

Феномен антонимии как универсальной семантической категории заключается в том, что между антонимами, включёнными в один контекст, неизбежно возникает смысловое напряжение [4, С. 3]. Мы исходим из того, что антонимы, включённые в один контекст, не только выразительное средство, «украшающее» речь, не только приём, но и смыслообразующие элементы текста. Антонимическая пара имеет большое значение для понимания организации смысловой структуры текста; она задаёт систему его смысловых координат.

Исходя из этого, считаем актуальным изучение риторических кодов антонимов в текстах разного смыслового содержания и жанровой направленности для установления возможных особенностей. В биографическом произведении антонимы отражают неоднозначность оценок происходящего в жизни человека, противоречивость условий бытия, сложность принятия решений и многое другое.

Исследование риторического кода антонимов предполагает анализ выразительно-изобразительного, воздействующего потенциала слова в рамках определенного дискурса с учетом жанровых особенностей текстового материала. Анализ структуры и содержания высказывания позволяют точно интерпретировать текст [5]. В таком случае выразительно-изобразительный потенциал, который несут риторические приемы, основанные на антонимии, обусловлен структурным, тематическим и жанровым факторами, что особенно важно при анализе антонимической пары в биографическом произведении, где важен фактор восприятия масштаба личности, сфера интересов человека. В биографии композитора необходимо учитывать музыкальную составляющую жизни Сергея Рахманинова, ибо манифестация профессионального уровня определяет содержание текста, лексическую наполняемость, а следовательно, формирует информационно-суггестивный фон кодов антонимической пары. Например, рассказывая о музыкальных возможностях и об учебе в консерватории, автор с помощью антонимов подчеркивает, насколько тернистым был путь: *Ведь то, что другим приходилось подчас долго, кропотливо втолковывать, Сережа хватал на лету; то, что у других выходило с трудом, у него получалось как бы само собой*. Этапы самопознания и самоопределения, расстановка приоритетов выявляют противоположные по значению слова. Причем, обратим внимание, как правило, в тексте используются контекстуальные антонимы *с трудом – само собой, кропотливо – на лету*. С помощью антонимов автор показывает, насколько отличался от своих ровесников мальчик в постижении музыкальной науки. В данном примере иллюстрируется семантика сопоставления между антонимами. Такой тип отношений между антонимами характерен для приема аллюзии [3]. С одной стороны, складывается представление о проявлении таланта на самых первых этапах обучения, с другой стороны, маркируется неординарность способностей одного по отношению к другим. Таким образом, антонимы воплощают код различия и усиления значимости субъекта.

Код противопоставленности реализуется с помощью антитезы в следующей иллюстрации: *С ними он добросовестно, подолгу возился. А Сереже внимания уделял гораздо меньше*. Противопоставление усиливается благодаря противительному союзу *а* и разделению сложносочиненной структуры на два отдельных предложения.

Талант Рахманинова был очевиден во время обучения в консерватории, поэтому автор описывает, как педагоги воспринимали будущего великого композитора. Эта идея воплощает у антонимов *соглашались – отказался* код контрастности личностей также в антитезе: *Василий Ильич привык, что ученики консерватории были счастливы уже самим фактом исполнения их сочинений, на репетициях во всем подчинялись его дирижерскому авторитету, покорно соглашались с его замечаниями и даже сокращениями – вплоть до переделок. Совсем не то получилось с учеником Рахманиновым. От всяких сокращений он категорически отказался и осмеливался, по своей воле останавливая репетиционное исполнение...*

Как можно обратить внимание, антитеза используется как средство реализации разных риторических кодов.

Код контрастности чувств обозначили антонимы *огорчила – порадовали*: *Как же огорчила Анна Дмитриевна бедную мать, которая только что опять порадовалась очень хорошей ведомости, принесенной ей сыном!*

Код изменчивости бытия продемонстрирован в примере: *Таким образом, консерваторское жительство-бытие началось для Сережи как будто бы совсем нетрудно, даже чрезвычайно «благополучно». Так представлялось не только ему самому, но, к сожалению, и его музыкальным педагогам. Однако на ясном горизонте вскоре показалось одно неприятное темное облачко. Это были «научные предметы»*. Смысловой ресурс, который формируют антонимы *ясный – темный* в результате контактного употребления, помогает, с одной стороны, слушающему понять прагматический смысл высказывания, с другой, позволяет говорящему выразить свою мысль максимально точно.

Разновидностью названного кода становится код изменчивости под влиянием обстоятельств: *Но при ней мальчик обычно – даже и в петербургские времена – становился ласковым и послушным, утихомиривался, смирлял свое озорство.*

Код следствия у антонимов *большие – неблестящие* выражает взаимозависимость действий человека на его последующую судьбу: *Так начались Сережины большие успехи в занятиях конькобежным спортом, неблагоприятно отразившиеся на его и так не блестящих успехах в научных предметах.*

Покажем на примерах частные вариации риторических кодов в тексте произведения:

– Код сравнения: *На руках у Сережи оказалась ведомость, которую должна была просмотреть Любовь Петровна. На этом противном листе бумаги весьма невысокие отметки по научным предметам так и бросались в глаза в сравнении с пятерками по музыкальным.* Оказиональная противоположность пары *невысокие отметки – пятерки* в синонимолизисе помогает понять процесс сравнения плохих оценок и хороших оценок в едином документе и осознать, насколько неожиданным оказался результат равнодушного отношения к научным предметам.

– Код непостоянства впечатлений: *Несколько петербургских дней принесли множество впечатлений, правда, очень разных. Как и предыдущие встречи, невеселым было свидание с матерью... Счастливыми зато были часы, проведенные с «Конной Гвардией» – такое новое прозвище получили сестры Скалон, жившие на территории петербургских Конногвардейских казарм.* Контраст впечатлений не оказывается основной целью употребления антонимов *невеселый – счастливый*. Вероятно, автор показывает разнообразие тех чувств, которые переживает человек.

– Код единения: *Когда по несколько раз в день на высоких звонницах искусные звонари начинали мерно раскачивать большие и малые колокола, Сереже казалось, будто вокруг него как-то многозначительно, волнующе звучал весь воздух, весь окружающий мир.* Синтаксическая однородность слов *большие и малые* «снимает» противоположную семантику этих слов. Происходит «соединение» значений антонимов, и вся синтагма *большие и малые* приобретает значение ‘все, многочисленные’, что подчеркивается формой множественного числа антонимов. Данная организация антонимической пары соответствует такому риторическому приему, как амфитеза. Подробнее об амфитезе мы писали в статье «Использование амфитезы для создания образа гармоничной личности в романе И.А. Гончарова “Обрыв”» [8].

– Код отрицания ожидаемого: *И вдруг оказывается, что катастрофа не уничтожила, а умножила силы человека.* Антонимы *уничтожила – умножила* благодаря сходному звуковому составу создают дополнительную рельефность смысла, подчеркивают торжественность момента и значимость духовного взросления молодого композитора.

– Код противоречия: *«Бедный странствующий музыкант» вдруг почувствовал себя богачом.* Межчастеречные антонимы *бедный – богач* образуют синекдизис, который усугубляет разочарование после первых успехов и подчеркивает авторскую иронию в отношении первых трудностей, постигших молодого Рахманинова.

– Код понимания и узнавания: *Во время же службы Сережино внимание приковывало пение хора. Малопонятные молитвенные слова на старославянском языке скользили мимо. Зато напевы были подчас удивительными.* Контекстуально обусловленная антонимичная пара *напевы – молитвенные слова* выражают особенности восприятия мира сознанием музыкально одаренного ребенка, для которого содержание молитв малопонятно, но звучание напевов кажется удивительным. Автор с помощью слов показывает, как открывается мир мелодии в привычных действиях.

В биографии композитора значительную часть составляют антонимические пары, связанные с музыкальной тематикой, с оценкой содержания музыкального произведения, анализом смысла: *То у одних инструментов, то у других дает о себе знать тревожная сумрачная мелодия, исподволь почти везде сопровождающая Алеко. Это – образ его души, измученной «страстями роковыми».* Тема эта невольно получилась чуть похожей на одну из тем Германа в «Пиковой даме». Но в ней еще острее сталкивается страстный протест с безысходным отчаянием. Кодовая специфика антонимов *протест – отчаяние* в данном контексте заключается в том, что описывается контраст звучания мелодий в реализованных чувствах.

Стоит отметить, что в тексте активно реализована межчастеречная антонимия. Антонимы являются отражением экстралингвистических реалий, которые «существенно различаются, то есть противоположны, с точки зрения носителя языка, его ценностно-мировоззренческой структуры» [6, С. 15]. Такие антонимы, как *бедный – богач, послушный – озорство*, расширяют границы риторических кодов противоположных по значению слов, усиливают суггестивный эффект, отображающий авторскую оценку описываемых реалий.

Заключение

Подводя итог нашим размышлениям, подчеркнем, что риторические коды антонимов реализуются прежде всего в представлении значения противоположности, создавая выразительность благодаря различным риторическим приемам, причем риторический код не фиксируется определенным риторическим приемом. Семантика противоположности, являясь основным показателем антонимии в приеме, позволяет подобрать ключ к расшифровке смысла высказывания, содержащем антонимическую пару, а жанровая направленность изучаемого текста аккумулирует базовую идею произведения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Апресян Ю.Д. Лексическая семантика (Синонимические средства языка) / Ю.Д. Апресян. – Москва : Наука, 1974. – 368 с.
2. Барт Р. Избранные работы: Семиотика: Поэтика: Пер. с фр. / Р. Барт. – Москва : Прогресс, 1989 – 616 с.
3. Корюкина Е.С. Теоретическое обоснование для классификации риторических приёмов, основанных на антонимии / Е.С. Корюкина // Вестник ННГУ. Серия «Филология». – 2013. – № 6(2). – С. 111–113.
4. Корюкина Е.С. Риторические возможности антонимов в современном русском языке: проблема системного описания: Автореф. дис. канд. филол. наук. – Нижний Новгород : 2014. – 20 с.
5. Кухаренко В.А. Интерпретация текста / В.А. Кухаренко. – Москва : Просвещение, 1988. – 190 с.

6. Новикова Ю.О. Речевая антонимия как отражение обыденной картины мира (на материале американского варианта английского языка): Автореф. дис. канд. филол. наук. – Санкт-Петербург : 2010. – 25 с.
7. Степанов В.Н. Семиотические коды в рекламном тексте / В.Н. Степанов // Аналитика культурологии. – 2012. – №24. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/semioticheskie-kody-v-reklamnom-tekste> (дата обращения 06.10.2018).
8. Ступина Е.С. Использование амфитезы для создания образа гармоничной личности в романе И.А. Гончарова «Обрыв» / Е.С. Ступина // Музыка в диалоге культур и цивилизаций. К 70-летию Нижегородской государственной консерватории им. М.И. Глинки: сборник статей по материалам Международной научной конференции 14-18 ноября 2016г. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородской консерватории, 2016. – С. 182–185.
9. Широкова Е.Н. Спецификация терминов «Код» и «Темпоральный код» в лингвистике / Е.Н. Широкова // Вестник ВятГУ. – 2009. – № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifikatsiya-terminov-kod-i-temporalnyy-kod-v-lingvistike> (дата обращения 07.02.2020).
10. Эко У. Отсутствующая структура: Введ. в семиологию / У. Эко. – Санкт-Петербург : Петрополис, 1998. – 430 с.
11. Брянцева В.Н. Детство и юность Сергея Рахманинова / В.Н. Брянцева. – Москва : Сов. композитор, – 1972 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Apresjan Ju.D. Leksicheskaja semantika (Sinonimicheskie sredstva jazyka) [Lexical semantics (Synonymous means of language)] / Ju.D. Apresjan. – Moscow : Nauka, 1974. – 368 p. [in Russian]
2. Bart R. Izbrannye raboty: Semiotika: Pojetika: Per. s fr. [Selected Works: Semiotics: Poetics: Per. from fr.] / R. Bart. – Moscow : Progress, 1989 – 616 p. [in Russian]
3. Korjukina E.S. Teoreticheskoe obosnovanie dlja klassifikacii ritoricheskikh priimov, osnovannyh na antonimii [Theoretical substantiation for the classification of rhetorical techniques based on antonymy] / E.S. Korjukina // Vestnik NNGU. Serija «Filologija» [Bulletin of the UNN. Series «Philology»]. – 2013. – № 6(2). – P. 111–113. [in Russian]
4. Korjukina E.S. Ritoricheskie vozmozhnosti antonimov v sovremennom russkom jazyke [Rhetorical possibilities of antonyms in modern Russian]: the problem of system description: Abstract of the dissertation of the Candidate of Philology. – Nizhnij Novgorod : 2014. – 20 p. [in Russian]
5. Kuharenko V.A. Interpretacija teksta [Interpretation of the text] / V.A. Kuharenko. – Moscow : Prosveshhenie, 1988. – 190 p. [in Russian]
6. Novikova Ju.O. Rechevaja antonimija kak otrazhenie obydennoj kartiny mira (na materiale amerikanskogo varianta anglijskogo jazyka) [Speech antonymy as a reflection of the everyday picture of the world (on the material of the American version of the English language)]: abstract of the thesis. – Saint-Petersburg : 2010. – 25 p. [in Russian]
7. Stepanov V.N. Semioticheskie kody v reklamnom tekste [Semiotic codes in advertising text] / V.N. Stepanov // Analitika kul'turologii [Analytics of cultural studies]. – 2012. – № 24. [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/semioticheskie-kody-v-reklamnom-tekste> (accessed 06.10.2018). [in Russian]
8. Stupina E.S. Ispol'zovanie amfitezy dlja sozdaniya obraza garmonichnoj lichnosti v romane I.A. Goncharova «Obryv» [The use of amphitesis to create an image of a harmonious personality in I.A. Goncharov's novel «The Cliff»] / E.S. Stupina // Muzyka v dialoge kul'tur i civilizacij. K 70-letiju Nizhegorodskoj gosudarstvennoj konservatorii im. M.I. Glinki [Music in the dialogue of cultures and civilizations. To the 70th anniversary of the Nizhny Novgorod State Conservatory named after M.I. Glinka]: a collection of articles based on the materials of the International Scientific Conference on November 14-18, 2016. – Nizhnij Novgorod : Publishing House of the Nizhny Novgorod Conservatory, 2016. – P. 182–185. [in Russian]
9. Shirokova E.N. Specifikacija terminov «Kod» i «Temporal'nyj kod» v lingvistike [Specification of the terms «Code» and «Temporal code» in linguistics] / E.N. Shirokova // Vestnik VjatGU [Vestnik VyatGU]. – 2009. – № 4. [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifikatsiya-terminov-kod-i-temporalnyy-kod-v-lingvistike> (accessed 07.02.2020).
10. Jeko U. Otsutstvujushhaja struktura: Vved. v semiologiju [Missing structure: Introduced. in semiology] / U. Jeko. – Saint-Petersburg : Petropolis, 1998. – 430 p. [in Russian]
11. Brjanceva V.N. Detstvo i junost' Sergeja Rahmaninova [Childhood and youth of Sergei Rachmaninov] / V.N. Brjanceva. – Moscow : Sov. kompozitor, – 1972 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.030>

ТЕКСТОВЫЕ ИНКЛЮЗИИ В ЛИРИКЕ Л.М. КОЛЬЦОВОЙ

Научная статья

Романенко В.А.*

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко Тирасполь, Молдавия

* Корреспондирующий автор (vita28-28[at]mail.ru)

Аннотация

В данной статье предпринята попытка выявления инклюзивных фрагментов в поэтическом тексте. Исследование идентификации лирических произведений Л.М. Кольцовой с текстами других авторов позволяет помочь читателю, в том числе инофону, интерпретировать идею поэтического произведения в соответствии с культурным кодом, заложенным в нем. Возможность выявления в тексте прецедентных феноменов основана на самоидентификации читателя с определенным социумом, на его коммуникативном навыке интерпретации культурно-семиотических кодов языка. Лингвокультурологический подход к анализу литературного текста позволяет выявить целый спектр фоновых знаний, определяющих особенности национального характера. В поэзии Л.М. Кольцовой интертекстуальные связи образуют сложную ткань поэтического текста, насыщенную реминисценциями и аллюзиями.

Ключевые слова: прецедентные феномены, концепт, интертекстуальность, предтекст.

TEXT INCLUSIONS IN THE LYRICS OF L.M. KOLTSOVA

Research article

Romanenko V.A.*

Pridnestrovian State University named after T.G. Shevchenko Tiraspol, Moldova

* Corresponding author (vita28-28[at]mail.ru)

Abstract

The article attempts to identify inclusive fragments in poetic text. The study of the identification of lyrics by L.M. Koltsova compared with the texts by other authors allows the reader, including foreigners, to interpret the idea of a poetic work in accordance with the cultural code embedded in it. The possibility of identifying precedent phenomena in the text is based on the reader's self-identification within a certain society, on their communicative skill in interpreting cultural and semiotic linguistic codes. The linguoculturological approach to the analysis of the literary text makes it possible to identify a whole range of background knowledge that determines the specifics of the national character. In L.M. Koltsova's poetry, intertextual connections form a complex poetic fabric, saturated with reminiscences and allusions.

Keywords: precedent phenomena, concept, intertextuality, pretext.

Введение

При лингвокультурологическом подходе к интерпретации русскоязычных литературных текстов инофону необходимо учитывать широкий спектр ассоциативного фона, вбирающего в себя общий фонд знаний, особенности национального характера. Одной из причин «культурного шока» бывает отсутствие коммуникативного контакта между реципиентами по причине несовпадения смысловых полей представителей разных культур. Теория «культурной грамотности» Э.Д. Хирша предполагает овладение языковой личностью необходимым минимумом культурных знаний, а именно прецедентными феноменами, фреймовыми стереотипами, нормами этикета, считающимися правильными в определенной культурной среде, и проч.

Поэтому в ряду лингвокультурологических вопросов, так или иначе связанных с изучением прецедентности текста, не на последнем месте находится вопрос о национально-культурном компоненте значения, концепте и культурной коннотации. Благодаря использованию в шифтерной роли интертекстуальных аллюзий, реминисценций авторы художественных произведений достигают большей смысловой глубины в передаче содержания, что, соответственно, требует соответствующей подготовки реципиента.

Методы и принципы исследования

При концептуальном анализе, описанном в исследованиях Д. С. Лихачева [1], А. Вежбицкой [2], В. В. Колесова, Д. В. Колесовой, А. А. Харитоновой [3], М. В. Золотарева [4], И. В. Захаренко, В. В. Красных, Д. Б. Гудкова, Д. В. Багаевой [5] и других, рассмотрение речевых контекстов употребления того или иного слова недостаточно. Необходимо также находить интертекстуальные переклички, чему во многом помогает навык обнаружения в тексте «культурно-семиотических феноменов» Н.Л. Мишатиной [6, С. 34], в частности прецедентных феноменов. Когнитивно-семиотическая природа прецедентных феноменов позволяет их рассматривать как маркеры интертекстуальности [7]. В лингвистической науке прецедентный феномен определяется как результат эмоционально-образного восприятия оригинального феномена [8, С. 225], как целостная единица коммуникации, обладающая ценностной значимостью как для отдельно взятой языковой личности, так и для всего лингвокультурного сообщества в целом [4, С. 34].

Среди прецедентных феноменов выделяют прецедентные тексты, прецедентные высказывания, прецедентные ситуации, прецедентные имена [9]. На знании предтекста во многом основана возможность более расширенного и углубленного прочтения произведения.

В данной статье перед нами стояла задача исследовать идентификации лирических произведений Л.М. Кольцовой с текстами других авторов.

Термин «текст» нами понимается в семиотическом смысле слова как любое знаковое послание, могущее иметь как вербальную, так и невербальную формы.

Значимость текста определяется его местом в ряду предтекст-текст-посттекст. Одной строкой автор может отослать читателя к существовавшим ранее библейским, мифологическим, фольклорным текстам. Предтекст чаще представлен аллюзиями, реминисценциями, цитатами, функция которых не только в отсылке к текстам предшественников, но и в расширении ассоциативного поля, в усилении эмоционального воздействия и повышении экспрессивности текста. Приведем наиболее характерные примеры. В заключительном четверостишии стихотворения «О старой доброй Англии тоскует англичанин» используется редуцированная цитата из Псалма 26 Давида:

*И если каждый русский вспомнит ныне:
«Господь со мной! Кого же убоюсь?!»
Как наважденье, вражья сила сгинет,
И воссияет вновь Святая Русь! [10, С.5]*

В тексте «В зеркале метафор отражаясь» встречаем трансформированные высказывания, отсылающие к «Слову о полку Игореве».

*В зеркале метафор отражаясь
Изменялся лик моей страны:
Вот она, над ратником склоняясь,
Ярославной плачет у стены... [10, С.6]*

Примером канонического прецедентного высказывания является фрагмент стихотворения «Звучал церковный хор. И песни светлые», отсылающий к оригинальному тексту Геннадия Пономарева «Мы все равно поднимаемся с колен...»:

*«Мы русские, мы – русские, мы – русские!
Мы все равно поднимаемся с колен!» [10, С. 11]*

В стихотворении «Русским словесникам» трансформированные прецедентные высказывания используются как аллюзии, реминисценции. Метонимические шифтеры мнемонического кода отсылают к стихотворению И.А. Бунина «И цветы, и шмели, и трава, и колосья»:

*Вот и мы о России не только ведем разговоры –
Мы храним Русский Мир, где лазурь, и цветы, и шмели [10, С.15]*

В стихотворении «Не жажда Истины и не стяжание Добра» трансформированное прецедентное выражение отсылает к стиху 1 главы 1 из Евангелия от Иоанна:

*Не на живот, а на смерть бой идет,
И кажется, что тьмы неисчислимы силы.
Но грянет гром, и молния блеснет,
Вернув нам Слово, что в Начале было! [10, С.17]*

Парафраз стихотворения в прозе И.С. Тургенева «Русский язык» образует кульминацию стихотворения «Я буду бороться за русский язык до последнего вздоха», а слово *напутное* – инклюзия «Напутного слова» к «Толковому словарю живого великорусского языка», прочитанному в 1862 году В.И. Далем в Обществе любителей русской словесности в Москве:

*Лишь Русской Душе в дни раздумий и тяжких сомнений
В дорогу напутное вечное Русское Слово дано! [10, С.18]*

Необычна инклюзия в виде ботанической отсылки в стихотворении «Доченька моя милая»:

*Пусть же под ясным солнышком,
Злых холодов не зная,
Дочка моя Аленушка
Яблонькой расцветает [10, С. 29]*

За сравнением-определением *яблонька* латентный образ сорта яблони, описание которого дает М.В. Заречный: «Среди садоводов с небольшими садами ценятся карликовые сорта яблочек, которые вырастают до 2-3 метров. К таким разновидностям растений относят яблоню Аленушка» [11].

В стихотворении «Точка, точка, запятая» само название отсылает к одноименной музыкальной комедии А. Митты и стихотворению Лисы Червона. Там же находим и прямые цитаты из пушкинской элегии «Я Вас любил»:

*Что могут эти знаки? Вопросать:
«Я Вас любил?», «Любовь еще быть может?» [10, С. 35]*

На аппликации литературного текста и названии кинофильма «Дорогой мой человек» реж. И. Хейфица строится фраза из стихотворения «Другу»:

*С тобой разделить свою радость могу и довериться в горе.
Ты просто любимый, родной. Дорогой для меня Человек. [10, С. 44]*

Заключение

Таким образом, в лирике Л.М. Кольцовой слово предшественников – поэтов, писателей, выдающихся деятелей искусства, ученых – образует интертекстуальное поле поэтического текста, насыщенное реминисценциями и аллюзиями.

В герменевтическом плане важен фактор адресованности, который позволяет учитывать интерпретационные возможности адресата, готового истолковывать содержание текста в соответствии с авторской интенцией. Один и тот же текст с интертекстуальными инклюзиями, прочитанный адресатами, принадлежащими к слоям социума, различным в культурном, возрастном, этническом отношении, может быть истолкован совершенно по-разному – поверхностно или глубоко, с пониманием латентных смыслов и глубинных культурных кодов.

При интерпретации художественного текста, насыщенного интертекстуальными вставками, инореципиентами сложность восприятия возрастает, так как прецедентный элемент текста находится в смысловых переключках с иными текстами, в результате чего произведение литературного творчества становится общесемиотическим феноменом.

Благодарности

Автор сердечно благодарен доктору филологических наук, профессору Воронежского государственного университета, русскому лингвисту и поэту Людмиле Михайловне Кольцовой.

Acknowledgement

The author is sincerely grateful to Lyudmila Mikhailovna Koltsova, Doctor of Philology, Professor of Voronezh State University, Russian linguist and poet.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Лихачев Д.С. Концептосфера русского языка / Д.С. Лихачев // Русская словесность. Антология – Москва : Academia, 1997. – С. 28–37.
2. Вежицкая А. Русский язык / А. Вежицкая. // Язык. Культура. Познание. – Москва : Русские словари, 1996. – 416 с.
3. Колесов В.В. Словарь русской ментальности / В.В. Колесов, Д.В. Колесова, А.А. Харитонов. – Санкт-Петербург : Златоуст, 2014. – Т. 2. – 592 с.
4. Золотарев М.В. К вопросу о прецедентности и вторичной концептуализации знаний / М.В. Золотарев // Языки и культуры: функционально-коммуникативный и лингвопрагматический аспекты: сб. тезисов по мат-лам Междунар. науч.-практ. конф., посв. памяти С. Г. Стерлигова. (Нижегород, 26–27 апреля 2019 г.). – Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского. – 2019. – С. 33–34.
5. Захаренко И.В. Прецедентное имя и прецедентное высказывание как символы прецедентных феноменов / И.В. Захаренко, В.В. Красных, Д.Б. Гудков и др. // Язык, сознание, коммуникация / под ред. В.В. Красных, А.И. Изотов. – 1997. – Вып. 1. – С. 82–103.
6. Мишати́на Н.Л. Диалог с культурными концептами в 5 – 11 классах / Н.Л. Мишати́на. – Санкт-Петербург : Сага : Наука, 2004. – 256 с.
7. Бушуева Л.А. Прецедентные феномены как репрезентанты поступков / Л.А. Бушуева // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2020. – Т. 22. – № 3. – С. 802–810. DOI: 10.21603/2078-8975-2020-22-3-802-810.
8. Красных В.В. Словарь и грамматика лингвокультуры: основы психолингвокультурологии / В.В. Красных. – Москва : Гнозис, 2016. – 493 с.
9. Гудков Д.Б. Межкультурная коммуникация. Лекционный курс для студентов РКИ / Д.Б. Гудков. – Москва : Изд-во Московского Университета, 2000. – 120 с.
10. Кольцова Л.М. Живых сердец связующая нить / Л.М. Кольцова. – Воронеж : Полиграф, 2011. – 136 с.
11. Заречный М.В. История селекции, характеристика и описание сорта яблонь Аленушка, регионы выращивания / М.В. Заречный. [Электронный ресурс]. URL: <https://dachamechty.ru/yablonya/alenuшка.html> (дата обращения 23.03.2022)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lihachev D.S. Konceptosfera russkogo jazyka [Conceptosphere of the Russian language] / D.S. Lihachev // Russkaja slovesnost'. Antologija [Russian literature. Anthology] – Moscow : Academia, 1997. – P. 28–37. [in Russian]
2. Vezhbickaja A. Russkij jazyk [Russian language] / A. Vezhbickaja. // Jazyk. Kul'tura. Poznanie [Language. Culture. Cognition.]. – Moscow : Pucskie slovori, 1996. – 416 p. [in Russian]
3. Kolesov V.V. Slovar' russkoj mental'nosti [Dictionary of Russian mentality] / V.V. Kolesov, D.V. Kolesova, A.A. Haritonov. – Saint-Petersburg : Zlatoust, 2014. – Vol. 2. – 592 p. [in Russian]
4. Zolotarev M.V. K voprosu o precedentsnosti i vtorichnoj konceptualizacii znaniy [On the issue of precedence and secondary conceptualization of knowledge] / M.V. Zolotarev // Jazyki i kul'tury: funkcional'no-kommunikativnyj i lingvopragmaticheskij aspekty [Languages and Cultures: Functional-Communicative and Linguistic-Pragmatic Aspects]: Sat. abstracts on the materials of the Intern. scientific-practical. conf., dedicated in memory of S. G. Sterligov. (Nizhnij Novgorod, 26–27.04.2019.). – Nizhnij Novgorod : NNGU. N. I. Lobachevskogo. – 2019. – P. 33–34. [in Russian]
5. Zaharenko I.V. Precedentnoe imja i precedentnoe vyskazyvanie kak simvol'y precedentnyh fenomenov [Precedent Name and Precedent Statement as Symbols of Precedent Phenomena] / I.V. Zaharenko, V.V. Krasnyh, D.B. Gudkov et al. // Jazyk, soznanie, kommunikacija [Language, Consciousness, Communication] / ed. by V.V. Krasnyh, A.I. Izotov. – 1997. – Vol. 1. – P. 82–103. [in Russian]
6. Mishatina N.L. Dialog s kul'turnymi konceptami v 5 – 11 klassah [Dialogue with cultural concepts in grades 5-11] / N.L. Mishatina. – Saint-Petersburg : Saga : Nauka, 2004. – 256 p. [in Russian]
7. Bushueva L.A. Precedentnye fenomeny kak reprezentanty postupkov [Precedent phenomena as representatives of actions] / L.A. Bushueva // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Kemerovo State University]. – 2020. – Vol. 22. – № 3. – P. 802–810. DOI: 10.21603/2078-8975-2020-22-3-802-810. [in Russian]
8. Krasnyh V.V. Slovar' i grammatika lingvokul'tury: osnovy psiholingvokul'turologii [Dictionary and Grammar of Linguistic Culture: Fundamentals of Psycholinguoculturology] / V.V. Krasnyh. – Moscow : Gnozis, 2016. – 493 p. [in Russian]
9. Gudkov D.B. Mezhekul'turnaja kommunikacija. Lekcionnyj kurs dlja studentov RKI [Intercultural communication. Lecture course for students of RKI] / D.B. Gudkov. – Moscow : Publishing house of Moscow University, 2000. – 120 p. [in Russian]
10. Kol'cova L.M. Zhivyh serdec svjazujushhaja nit' [The connecting thread of living hearts] / L.M. Kol'cova. – Voronezh : Poligraf, 2011. – 136 p. [in Russian]
11. Zarechnyj M.V. Istoriya selekcii, harakteristika i opisanie sorta jablon' Alenuška, regiony vyrashhivaniya [Selection history, characteristics and description of the Alyonushka apple variety, growing regions] / M.V. Zarechnyj. [Electronic resource]. URL: <https://dachamechty.ru/yablonya/alenuška.html> (accessed 23.03.2022). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.031>**ЛЮБОВЬ: ДИАЛЕКТИКА В НЕЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО, РАЦИОНАЛЬНОГО И НРАВСТВЕННОГО ФАКТОРОВ**

Научная статья

Кулешов В.Е.^{1,*}, Царева Н.А.²¹ ORCID: 0000-0001-5742-5390;² ORCID: 0000-0002-6179-3978;¹⁻² Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова, Владивосток, Россия

* Корреспондирующий автор (valkulesh[at]mail.ru)

Аннотация

Цель статьи – выявление в отношениях мужчины и женщины диалектики эмоционального, рационального и нравственного начал как условия сотворения любви, имеющей для homo sapiens значимость одной из смысложизненных ценностей. Речь идет о творческом процессе, в котором он и она выступают как субъекты, желающие и способные создавать и сохранять гармонию отношений, претендующую на объективную ценность и оправдание. В этом случае человек, в отличие от «братьев меньших», к биологическому влечению «подключает» интеллектуальный и нравственный потенциалы. Степень развития этих потенциалов является своеобразной мерой таланта на поприще творения любви, а степень его реализации определяет ценность результата. Научная новизна этих положений дополняется раскрытием любви как фактора социально-политической активности индивида.

Ключевые слова: любовь, ценности, творчество, чувство, рациональность, альтруизм, смысл жизни.

LOVE: THE DIALECTIC OF EMOTIONAL, RATIONAL AND MORAL FACTORS

Research article

Kuleshov V.Y.^{1,*}, Tsareva N.A.²¹ ORCID: 0000-0001-5742-5390;² ORCID: 0000-0002-6179-3978;¹ Pacific Higher Military Naval College named after S.O. Makarov, Vladivostok, Russia

* Corresponding author (valkulesh[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the article is to determine the dialectics of emotional, rational and moral principles in the relationship between a man and a woman as a condition of love, which has for Homo sapiens the significance of one of the values of life. It is about the creative process, in which he and she act as subjects, willing and able to create and maintain the harmony of relationships, claiming objective value and justification. In this case, man, unlike the "lesser brothers", to the biological attraction "connects" the intellectual and moral potentials. The degree of development of these potentials is a particular measure of talent in the field of creation of love, and the degree of its realization determines the value of the result. The scientific novelty of these statements is supplemented by the revelation of love as a factor of sociopolitical activity of the individual.

Keywords: love, values, creativity, feeling, rationality, altruism, meaning of life.

Введение

Любовь является одной из вечных человеческих проблем. Она интересовала и интересует как науку, так и каждого живущего на земле. Перманентная актуальность данной темы в настоящее время усиливается рядом факторов. Во-первых, тенденция урбанизации приводит к постепенному ослаблению хозяйственных скреп семьи, а уровень духовности в большинстве случаев не в состоянии выполнять эту связующую функцию, что влечет учащение разводов. Во-вторых, интеллектуальное и нравственное развитие молодых людей, благодаря постперестроечной реформе образования, существенно отстает от физического и полового созревания. В-третьих, современные экономические отношения и связанная с ними идеология формирования «цивилизованного потребителя» разрушают нравственные основания во взаимоотношениях людей, в том числе в отношениях мужчины и женщины, что упрощает понимание любви, девальвирует ее ценность. При проведении исследования решались следующие задачи:

1) ретроспективный анализ философского дискурса любви;

2) рассмотрение эмоционального, рационального и нравственного факторов в духовном мире индивида как детерминант любви.

Научная новизна работы состоит:

а) в выявлении ценностной иерархии вариантов отношений мужчины и женщины в зависимости от интеллектуального и нравственного развития;

б) в установлении корреляции любви и смысла жизни человека.

При решении поставленных задач использовались методы: диалектический, герменевтический, сравнительный, социологических исследований и др. Теоретической базой исследования явились произведения видных мыслителей, касающиеся данной темы, а также связанных с ней проблем аксиологии, смысла жизни, счастья и др. Практическая значимость работы состоит в выявлении расхождения между объективно ценным (должным) в социальных отношениях и тем реальным их состоянием, которое не способствует самореализации человека во всех сферах жизнедеятельности, в том числе в семейной.

Ретроспектива философского дискурса любви

Мир животный и мир человеческий потому и существуют, что природа заложила в каждом из живых существ способность и потребность размножения. Современная наука рассматривает поведение животного как детерминированное его инстинктами. Если и ведется речь о наличии сознания, то его функциональность не распространяется за рамки обеспечения биологического выживания. Животное вписано в природу, является самой природой и не выделяет себя из нее. Животное не знает, что оно животное. Самосознание человека («излишки сознания», направленные на самого себя) заставило увидеть себя отдельным и привело к появлению вопросов, касающихся тайн окружающего мира и своего собственного существования и поведения. Инстинкты не исчезли, но самосознание увидело их и в той или иной степени «очеловечило», то есть заставило осмысливать и рассматривать их через призму ценностей, высшими из которых являются ценности смысла человеческой жизни. В результате природное влечение полов, подвергнутое интеллектуальной, этической и эстетической огранке, приобрело смысловые атрибуты любви, реализация которых была и остается в сфере философского интереса и на пике внимания мировой художественной литературы и искусства.

Вместе с тем, несмотря на этот интерес, сущность любви не получила в философии определения, которое могло бы претендовать на неоспоримость и законченность формулы. Причина этому – уникальность любящих и как следствие наличие субъективных аспектов во взаимоотношениях, которые даже при наличии объективных факторов любви влияют на степень вероятности ее созидания. Классик философии любви Эрих Фромм в работе «Искусство любить» не дает законченного определения, но подробно раскрывает основные атрибутивные характеристики любви и не менее подробно анализирует ее иллюзии, то есть показывает то, чем она не является. В результате такого исследования перед читателем предстала сложная картина человеческих взаимоотношений, не вмещающаяся в определение, но дающая целостное представление о многогранности феномена любви [11]. Мы же в контексте настоящего исследования, чтобы дать определение любви как взаимного устремления любящих сделать друг друга счастливыми, результативность которого обеспечивается диалектической взаимосвязью в них чувственного влечения, развитого интеллекта и доминирования альтруизма над эгоизмом, абстрагируемся от множества субъективных факторов, которые влияют на вышеописанную результативность. Ниже некоторые из них будут рассмотрены.

Любовь и связанная с ней тема семьи непосредственно касаются каждого живущего на земле. Не случайно, что сегодня при социологических опросах любовь и счастливая семья ставятся респондентами на верхние ступени иерархии жизненных ценностей. Так как тема любви всегда присутствовала в философии, литературе и искусстве, есть возможность ретроспективно увидеть некоторые ее черты, особенности, тенденции развития в разные времена и в разных культурах. При этом необходимо иметь в виду, что и в прошлом авторы в понятие «любовь» вкладывали неодинаковое значение. Поэтому исторический экскурс должен учитывать в каждом случае контекст употребления термина и существующие социальные (прежде всего брачно-семейные) отношения в обществе. Необходимо заметить, что в древних письменных источниках существует точка зрения на отношения мужчины и женщины как на способ удовлетворения сексуальной (выражаясь современным языком) потребности, получения удовольствия – не более.

В мифах Древней Греции богов в большинстве случаев не интересует наличие ответных чувств у объекта вожделения. Главное для них – собственное наслаждение, ради которого они способны пойти на любую вероломность. Так, Зевс, например, приходит к Алкмене в образе ее мужа Амфитриона, когда тот был на войне. Как в мифологии, так и в произведениях древнегреческих философов (в том числе у Аристотеля и Платона) женщина по сравнению с мужчиной в большинстве случаев рассматривается как низшее существо. Естественно, что при такой иерархии доминирует в отношениях не духовное общение, а телесный эрос. Так Гегель в свое время отмечал: «У народов, где женщины не пользуются особым уважением, родители устраивают браки по своему произволу, не спрашивая вступающих в брак индивидов, и они повинуются этому, поскольку особенность чувства еще не предъявляет здесь своих притязаний. Девушке нужен лишь муж вообще, мужчине – жена вообще» [2, С. 211].

Точка зрения, что в Античности любви в ее современном понимании не было, может быть принята, но с представлением ее как правила, из которого были исключения. И это правило, на наш взгляд, срабатывало (да и срабатывает сегодня) «у народов, где женщины не пользуются особым уважением», как отметил Гегель в вышеприведенной цитате. Хотя и он, правильно назвав причину отсутствия любви, допускает ошибку, экстраполировав неуважение к женщине с большинства населения на весь народ, не упоминая об отдельных случаях любви, достойных современной лирической поэзии. А такие случаи были во все времена у разных народов. Они дошли до нас как исторические факты и как сюжеты произведений искусства. Отражению любви, ее духовных перипетий в художественной литературе мы можем доверять ничуть не меньше (даже больше), чем историческим примерам. Человеческие чувства, радости и страдания нельзя придумать, сочинить в отличие от фантастической наружной событийности мифов и сказок. Вообще-то человек не может, в принципе, сфантазировать и описать то, что не существует как явление в окружающем нас мире. В сказочных, мифологических сюжетах он лишь комбинирует, иногда в самых немыслимых сочетаниях, но лишь то, что есть в природе, что он видел, наблюдал. А чувство – это та же реальность, которая вся находится внутри человека, и только испытав их, талантливый автор становится ретранслятором своих переживаний читателю, зрителю. Нельзя передать то, чего нет. Поэтому в любых сказках изображение чувств является правдой.

Так что мы можем констатировать, что и в древности были случаи любви наряду с названными Гегелем отношениями между «мужем вообще» и «женой вообще». У Гомера Троянская война началась по причине любви: из-за того, что была похищена Елена. Также любовь заставила Пенелопу, окруженную женихами, ждать своего Одиссея, от которого в течение многих лет не было никаких известий! В греческой мифологии, наряду с повсеместным своеволием богов в удовлетворении своего вожделения, описываются отдельные случаи проявления весьма утонченных чувств и связанной с ними человеческой духовности. Одним из популярных в Античности был миф о певце и музыканте Орфее, который не смирился со смертью жены Эвридики. Он сам отправился в царство умерших, где, разжалобив своей музыкой его властителя, упросил освободить любимую и отпустить вместе с ним на землю. Аналогично богиня Афродита не может смириться с гибелью на охоте любимого ею Адониса. Она так страдала от горя, что сжалился над

ней Зевс-громовержец и велел Аиду каждый год отпускать Адониса на полгода из царства мертвых. И в эти полгода, когда Афродита и Адонис были вместе, вся природа ликовала и расцветала.

Реально же в Древней Греции большинство женщин в браке выполняли в основном функцию деторождения. Они были исключены из культурной и общественной жизни. Высота же культурной планки человека детерминирует возможность и характер духовного общения. То есть общественное положение и связанный с ним уровень культуры женщины определяли наличие или отсутствие любви. Этот тезис подтверждается особым отношением в Античности к известным гетерам, которые были хорошо образованы, интересовались музыкой, философией, литературой. Они становились возлюбленными и женами мужчин из высших слоев общества, отношения с которыми обессмертили их как достойных любви и преклонения (например, Аспазия стала женой Перикла). Способность любить определялась и определяется не историческими ступенями развития общества, а степенью сложности духовного мира конкретных любящих «его» и «её». А то, что половое влечение во все времена и во всех общностях в той или иной степени очеловечивалось, то есть этически и эстетически поднималось над биологией, описывают многие, в том числе самые древние письменные источники. Сегодня член-корреспондент Российской академии наук, психотерапевт европейского реестра М.Е. Литвак для избавления страдальца от мук безответной любви современным научным достижениям предпочел рекомендации Овидия (род. 20.03.43 г. до н.э.), изложенные в его поэме «Лекарство от любви». В произведениях поэта Античности и современного психотерапевта показаны страдания не тела, а души [См.: 5, С.294-302]. И любовь у лирического героя Овидия отличается от упомянутой выше «любви» Зевса, как человек отличается от животного.

В Средние века на идеологию взаимоотношений мужчины и женщины большое влияние оказывала церковь, опираясь на христианское учение. В ортодоксальных текстах противопоставлялись телесные влечения как низменные, греховные, а устремления души к Богу как высшие, истинные, ведущие к спасению. А так как все в мире создано Богом, любовь мужчины и женщины была достойна восхваления, но в рамках христианской нравственности. Если абстрагироваться от эстетики излишне пропагандируемого аскетизма, то можно резюмировать, что религия в Средние века сыграла определённую позитивную роль в выдвигании на первый план любви духовной во всех ее ипостасях, в том числе в отношениях мужчины и женщины.

В эпоху Возрождения и в Новое время земные интересы постепенно и все более уверенно освобождались от контроля церкви. Это не значит, что религиозное благочестие в отношениях полов вообще исчезло и осталось в прошлом. Просто с появлением свободы сектор трактовок любви утратил прежние жестко очерченные границы как в художественном творчестве, так и в европейской философии. Телесное реабилитировалось, перестало быть греховным, исчезло его противопоставление духовному. Более того, телесное и духовное стали рассматриваться во взаимосвязи и взаимозависимости как элементы единого целого, которые не могут существовать одно без другого.

В связи с этим нельзя не отметить существенную (в исторической литературе недооцененную) роль половой любви во всех ее аспектах как фактора, влияющего не только на индивидуальные человеческие судьбы, но и на общественную жизнь (общество-то состоит из индивидов). Но, как и «любви все возрасты покорны», несомненно, так же ей покорны представители всех социальных рангов и статусов – от прислуги до королей и императоров. Стефан Цвейг в историческом, основанном на документальном материале, романе «Мария Антуанетта» писал: «Следствий, получивших свое начало в альковах и за пологам королевских постелей и наложивших отпечаток на события мировой истории, существенно больше, чем обычно считают» [13, С. 30]. Историки, показывая динамику развития таких событий, не включают в их причинно-следственную цепочку любовные чувства и отношения, так как они не столь очевидны в отличие от итогов военных сражений. Но они, эти чувства, на разных возрастных, жизненных этапах не могли не влиять на формирование целей и устремлений конкретных людей, в том числе политиков и военачальников. По этому поводу остроумно в свое время высказался Блез Паскаль: «Чтобы до конца уяснить себе всю суетность человеческой природы, довольно вдуматься в причины и следствия любви. Причина ее – «неведомо что» (Корнель), а следствия ужасны. Это «неведомо что», эта малость, которую и определить-то невозможно, сотрясает землю, движет монархами, армиями, всем миром. Нос Клеопатры: будь он чуть покороче, весь облик земли был бы сегодня иным» [7, С. 65]. В отличие от исторической науки, философия и художественная литература пытались и пытаются познавать это «неведомо что». Можно сказать, что их внимание к теме любви пропорционально ее великой роли в судьбах как отдельных людей, так и человечества в целом. Этим можно объяснить то, что чувственная сфера отношений мужчины и женщины всегда находилась и остается сегодня на пике творческого интереса писателей, художников, музыкантов.

Российская философская культура, а в ее русле и взгляды на отношения мужчины и женщины складывались при доминирующем влиянии христианства, принятого в X веке. И сама жизнь, веками связанная с сельским трудом, деревенским бытом, ведением домашнего хозяйства требовала прочных, надежных отношений в семье. Религиозная вера и внешние условия связывали мужа и жену, дополняя их чувственное влечение друг к другу. Не случайно в русской, а позднее и в советской классической литературе нашла отражение тема любви, в которой доминируют духовные, нравственные начала. И показанный в ней тип русской женщины достоин уважения и восхищения.

Прислушаемся к мнению Ф.М. Достоевского, непревзойденного знатока русской души: «Да не русскому отречься от своих женщин... Я уже не стану указывать на обозначившиеся идеалы наших поэтов, начиная с Татьяны, – на женщин Тургенева, Льва Толстого, хотя уже это одно большое доказательство: если уж воплотились идеалы такой красоты в искусстве, то откуда-нибудь они взялись же, не сочинены же из ничего. Стало быть, такие женщины есть и в действительности.» [4, С. 295]. Под красотой, которая спасет мир, отечественный мыслитель подразумевал не внешнюю оболочку, а величие души, стремящейся к любви, добру, совершенству. А это и есть красота, сохранение которой является условием существования человека и человеческого мира как такового. И наши размышления о любви, чтобы оставаться логичными, не могут не вписывать биологические потребности в «духовное устройство» человека. Но это «духовное устройство» у разных людей по своему диапазону сложности и сегодня отличается ничуть не меньше, чем во времена Античности. Поэтому, к великому сожалению, и в современной повседневной жизни значение слова «любовь» плавают в границах этого самого диапазона сложности: от биологического влечения животного типа «пошли

заниматься любовью» до очеловеченных отношений, приобретающих значение смысловых ценностей для двоих любящих и дающих им счастье по большому жизненному счету.

Уровень духовности как потенциал возможности любви

Сегодня актуальнейшей социально-философской проблемой является кризис семьи. По статистике больше половины всех заключаемых брачных союзов рано или поздно распадаются. «На каждые 100 свадеб в 1950 г. приходилось 4 развода, в 2019 г. – целых 65» [6]. И здесь мы снова возвращаемся к теме любви, к тому связующему мужа и жену чувству, которое в современном обществе при относительной экономической независимости супругов является главным условием семейного счастья, а значит, и смысла их совместного проживания. И хотя чувство чаще всего не слушается разума («сердцу не прикажешь»), рациональные подходы современной литературы к теме любви позволяют многое увидеть незашоренным эмоциями взглядом и прогнозировать, предвидеть в конкретных случаях варианты будущей судьбы. Речь не идет о замене чувств рациональностью. И она их не девальвирует. Более того, чем выше уровень мышления, тем сложнее и обостреннее чувства индивида. Здесь наблюдается прямая детерминантная зависимость. Блез Паскаль в «Рассуждениях о любовной страсти» писал: «Чем больше людям отпущено ума, тем сильнее их страсти. Ведь страсти – это чувства и мысли, всецело принадлежащие уму, хотя их внешней причиной служит тело; значит в них нет ничего, что выходило бы за пределы ума, и, следовательно, они ему соразмерны... Величие души проявляется во всем» [8, С. 230]. Мыслитель однозначно соизмеряет любовь с величием души, с духовностью. Марина Цветаева поэтически оттачивает эту мысль: «Хотеть – это дело тел, а мы друг для друга – души» [14, С. 200].

Молодые люди (он и она) в юношеском возрасте, как правило, доверяют своим чувствам, иногда переоценивая их надежность. Необходимы определенная интеллектуальная зрелость и жизненный опыт, чтобы человек был в состоянии посмотреть на свою влюбленность как бы со стороны и проанализировать ее с помощью мысли. А молодые люди чаще всего любят и не нуждаются ни в каких объяснениях своих чувств. Некоторые считают подобные размышления оскорблением их любви. Характерен по этому поводу разговор юного племянника и умудренного жизнью дяди из «Обыкновенной истории» И.А. Гончарова.

- Я тебе никак не советую жениться на женщине, в которую ты влюблен...
- Я думал, что супружества без любви не должно быть.
- Супружество супружеством, а любовь любовью, – сказал Петр Иванович.
- Как же жениться ... по расчету?
- С расчетом, а не по расчету. Только расчет этот должен состоять не в одних деньгах. Мужчина так создан, чтоб жить в обществе женщины; ты и станешь рассчитывать, как бы жениться, станешь искать, выбирать между женщинами...
- Искать, выбирать! – с изумлением сказал Александр.
- Да, выбирать. Поэтому-то и не советую жениться, когда влюбишься. Ведь любовь пройдет – это уж пошлая истина.
- Это самая грубая ложь и клевета [3, С. 85].

Действительно, трудно молодому человеку представить, что самая любимая, лучшая, красивая, с которой он находится на вершине блаженства, когда-то станет будничной. К сожалению, законы жизни не на стороне вечной юношеской, чувственной любви. Она исчезает, как аппетит у постепенно наедающегося человека. Незнание такой перспективы приводит к тому, что муж и жена оказываются неспособными сохранять семью, когда ярко пылавший огонь юных любовных чувств вдруг ослабевает, а затем вовсе исчезает. При этом появившийся любовный вакуум долго существовать не может – он заполняется новым чувством к новому объекту любви. Появляется любовник или любовница, в случае развода может появиться новая семья, но, как нетрудно догадаться, результат будет тот же. Более того, постепенное увеличение количества партнеров (партнерш) приводит к девальвации чувств, в том числе и сексуальных, подобно девальвации рубля в постперестроечный период, когда в оборот было запущено гораздо больше денег, чем требовалось объективно. Исчезает духовность в общении мужчины и женщины – остается только секс в его чисто биологическом понимании. В этом случае, как говорил Н. Бердяев, «сексуальное влечение само по себе не утверждает личности, а раздавливает ее» [1, С. 172]. Социологические исследования и художественная литература свидетельствуют, что итог такой «любви» – ощущение одиночества и разочарования.

Таким образом, романтическая, юношеская, чувственная любовь должна умереть. С ее исчезновением молодая семья переживает неизбежный кризис. Но это вовсе не значит, что супруги обречены на развод или нудное, тоскливое сожительство без взаимной любви друг к другу. Возможен и желателен вариант непреходящей, но уже не юношеской (неуправляемой), а супружеской любви (назовем ее так), основанной на чувствах, но созданной на совершенно другой основе. В этом случае не только чувства властвуют над человеком, а сам он целенаправленно изменяет свой духовный мир, свое отношение к членам семьи, стремится сделать их жизнь как можно счастливее. А это уже – нелегкий труд, как интеллектуальный, так и физический, ибо супружеская жизнь это не только и не столько безумство страсти, сколько разумный расчет семейного бюджета, справедливое распределение обязанностей по ведению домашнего хозяйства, постоянная готовность к компромиссу и многое другое, без чего невозможно взаимопонимание в семье. Подобные отношения немыслимы, если хотя бы один из супругов не является носителем высоких нравственных качеств. Особую значимость приобретают здесь долг и ответственность человека, сочетаемые с достаточно высоким уровнем духовной культуры,

Эти качества личности выступают как профессиональные качества архитектора, строителя супружеской любви. Можно сказать, что муж и жена должны быть специалистами по созданию такой любви. Она в отличие от юношеской не приходит сама. Её необходимо творить, создавать. Но зато она опять-таки в отличие от юношеской не может и исчезнуть без желания и воли на то ее создателей. Один из гениальных философов XX века Э. Фромм её созидание, творение назвал искусством. Успешное же занятие искусством требует таланта или, как минимум, способности. На поприще любви такой способностью является способность любить людей вообще, умение сострадать ближнему и

дальнему. Если человек не способен на это, он не сможет любить и одного человека. Эгоист – это человек, который вообще никого не умеет любить, в том числе и себя. «Эгоизм и любовь к себе отнюдь не равнозначны, более того – они противоположны. Эгоист любит себя скорее слишком мало, чем слишком много; в действительности он себя ненавидит. Этот недостаток заинтересованности в себе самом и заботы о себе, который есть лишь одно из проявлений неплодотворности личности, опустошает и фрустрирует его» [11, С. 142]. Его сознание находится в атмосфере нелюбви ко всем. Распознать эгоиста очень легко в его повседневных отношениях с окружающими – с теми, в ком он в данный момент не нуждается. Умение, способность любить себя и других является необходимым, но не единственным условием овладения искусством любви. Нужна еще и учеба, связанная с познанием себя и других людей, человеческих характеров, психологии взаимоотношений индивидов и социальных групп. Такая учеба постепенно формирует культуру мышления и социального поведения, основанную не на заученных правилах этикета, а на достаточно развитом духовном мире личности.

Практическая сторона созидания супружеской любви подразумевает наличие терпения, уверенности в себе, систематичности и высшей степени заинтересованности в результатах. Этот труд напоминает повседневную работу художника или музыканта, стремящегося достигнуть высшей степени мастерства в своем искусстве. Это трудно, но ничто великое, имеющее смысложизненную ценность для человека, не достается ему легко или даром.

Эти рациональные рассуждения о любви отнюдь не принижают и не отменяют главного в ней – чувств, эмоций, благодаря которым она является великой жизненной ценностью. Более того, подобное осмысление «работает» на сохранение и развитие остроты и красоты всех проявлений чувственности. Когда мы говорим о человеческой любви, рациональный и эмоциональный аспекты выделяются самым познавательным интересом. В реальности же они автономно друг от друга не существуют. В каждом *homo sapiens* природное, биологическое влечение в той или иной степени очеловечено. Даже в мгновениях интимного единения, когда весь мир исчезает в крике невыразимого, высшего восторга природы, растворено то, что этому предшествовало, и то, что будет после. Все-таки нельзя согласиться с Зигмундом Фрейдом, который рассматривал человеческую культуру как врага половому влечению, заявляя, что «культурное обуздание любовной жизни влечет за собой общее унижение полового объекта... что любовь в основе своей настолько же животна, какой она была испокон веков... и равновесие между требованиями полового влечения и культуры вообще невозможно» [12, С. 72]. Данная позиция основоположника психоанализа вытекала из абсолютизации им сексуальной энергии либидо, потенциал которой реализуется (сублимируется) в различных видах деятельности, в том числе в творчестве.

Но, как человека, в отличие от животного, можно охарактеризовать сознанием, которого у него больше, чем необходимо только для физического выживания, так любовь, кроме полового влечения, подразумевает нравственность как наличие «излишков» доброты, которые требуют своей реализации и выражаются в потребности подарить, отдать эту доброту любимой (любимому). И эта потребность «подарить, отдать» реализуется во всех отношениях влюбленных, в том числе в сексуальных. Так что культура в данном случае приводит не к фрейдовскому «унижению полового объекта», а, наоборот, к его максимальной удовлетворенности. И, как следствие, – к повышению ценности переживаемых мгновений.

Любить (в широком значении этого слова) способен только человек добрый. А доброта это черта характера, и она распространяется на отношения со всеми людьми. И чем больше ее потенциал в душе человеческой, тем больше потребность в любви. Такой человек любит постоянно, всегда и в данный момент, в настоящем. Даже если объекта любви пока нет, он любим как еще не встреченный (не встреченная). И встреча обязательно состоится. Ошибочным является мнение «еще не любящих», что любовь появится потом, когда на жизненном пути встретится подходящая, достойная кандидатура. Но нельзя внести со стороны в душу то, что изначально в ней отсутствует и никогда не было атрибутом духовного мира индивида. И появиться потом может не человек, возбудивший любовь, а в лучшем случае носитель того набора качеств, о которых мечтает «еще не любящий (не любящая)». К сожалению, многие из долгожданных качеств (молодость, здоровье, сексуальная привлекательность, финансовое благосостояние и др.) могут измениться или вовсе исчезнуть. Одновременно исчезнет и видимость, иллюзия так называемой любви. Самочувствие же этого изменившегося «набора качеств» будет мало интересовать, так как без доброты не может быть сострадания.

Мы говорим о нравственности как о необходимом условии появления, созидания и существования любви. При этом, естественно, ни в коем случае не отрицается иррациональное в ней. И это иррациональное субъективно, у каждого (каждой) свое: телосложение, голос, взгляд, жесты, увлечения, особенности мышления и т.д. Здесь в объяснении предпочтений логика бессильна – и посему рассуждения излишни. Уместно лишь зафиксировать то общее, что существует в подсознании каждого человека с нормальной психикой, – это стремление к красоте.

Любовь может быть лишь взаимной. Это подразумевает, что встретившиеся две «половинки» не только обладают потребностью и способностью любить, но и то вышеназванное иррациональное в восприятии друг друга одновременно сработало (в идеале на сто процентов). Но идеал как совершенство, которого жаждет любящая душа, в реальности не встречается. Его место жительства – в мечте, в воображении. Несовпадение желаемого и действительного порождает те любовные перипетии, из которых вытекают эмоционально нагруженные сюжеты романов, пьес, стихов, кинофильмов... Убери из них переживания, муки любви – и искусство исчезнет. И в жизни, не испытав горя, не ощутишь счастья. Высшая мудрость мироздания проявляется в том, что любви сопутствуют трагизм и страдания, что она – не заросшее тиной болото, а океан, в котором бывают шторма. И нужен запас прочности, чтобы не сломаться, не погибнуть, а преодолевать их. Речь идет не о мимолетных, поверхностных увлечениях, а о глубоком чувстве, которое оказывается беззащитным и ранимым. Об этом писал в свое время Ф.И. Тютчев: «И чем одно из них нежнее // В борьбе неравной двух сердец, // Тем неизбежней и вернее, // Любя, страдая, грустно млея, // Оно изноет наконец...» [9, С. 24].

Наслаждение по своей силе и последствиям воздействия на душу человеческую не может конкурировать со страданием. Образно эту мысль выразил А. Шопенгауэр: «Кто хочет вкратце поверить утверждению, что наслаждение превышает страдание или по крайней мере равносильно с ним, – пусть сравнит ощущения двух животных, пожирающего и пожираемого» [15, С. 198]. Но именно огромный эмоциональный вес страдания играет важную роль в формировании и закреплении нравственных качеств личности. Характер борца, победителя, одновременно способного

сострадать другому человеку, не выкуется безбрежной общедоступностью удовольствий. И победитель пройденные испытания оценивает как ничем незаменимую жизненную школу. В воспоминаниях писателей-маринистов заслуживает внимания и имеет ценность не вечная серая рябь волн, а контраст между чудом красоты, которую может подарить только море, и безжалостностью бури, ставящей человека на грань жизни и смерти. Аналогично можно говорить о ценности эмоциональной, чувственной грани жизни в целом. Но оглядываясь потом с небес (в воображении это можно осуществить и сейчас) на любовные шторма, достойные романов и поэм, разумный человек поставит им знак «плюс» – при условии, что они не ускорили его уход на эти самые небеса. «Мелкие горести и неглубокая любовь живучи. Великая любовь и великое горе гибнут от избытка своей силы» [10, С. 174]. Такова судьба шекспировских Ромео и Джульетты, гётевского Вертера... И необходимо заметить, что изощренность жизненных сюжетов не уступает творческой фантазии гениев. Жизнь богаче теории о ней. Творение счастливой жизни требует мудрости, которая подразумевает ясный, незамутненный разум. Возможен ли он, такой, когда душа находится во власти иррационального чувства?

Отрицательный ответ на поставленный вопрос сделал бы бессмысленными данные и последующие рассуждения. Все-таки целенаправленные попытки размышлять по поводу собственных душевных мук если и не избавляют полностью от ощущения трагедийности ситуации, то, по крайней мере, снижают ее остроту. Появление такой тенденции в разговоре разума и души почти гарантирует перспективу, в которой «непреодолимые» любовные страдания станут воспоминаниями, вызывающими пусть грустную, но улыбку.

Проведенный в данной работе небольшой экскурс в проблему любви показывает ее вселенскую сложность, смыкающуюся с безграничностью духовного мира человека. Мало кто сомневается в ее великой жизненной ценности. Но, к сожалению, не всем удастся сотворить счастье любви. Как показывает философское и художественное исследование жизни, это счастье не приходит само, его нельзя дожидаться. Его способны создать два состоявшихся нравственных и целеустремленных человека. Современные общественные отношения, к сожалению, не способствуют формированию человека-гуманиста, способного на любовь. Как на Западе, так и в современной России средствами массовой информации культивируется культ наживы, превозносится ценность не духовного мира личности, а вещей, которыми она обладает. Рыночные отношения пронизывают не только экономическую сферу жизни, но и духовную. Эрих Фромм в связи с этим писал, что любовь стала у нас довольно редким явлением, а ее место заняли многочисленные формы псевдолюбви. «Автоматы не могут любить, они могут обменивать свои личные «наборы качеств» и надеются на справедливую сделку... Во многих статьях о счастливом браке идеал представляется в виде хорошо сыгравшей команды» [11, С. 155]. Это точка зрения крупнейшего мыслителя XX века, знающего всю подноготную западной цивилизации. Безнравственная идеология и экономическая система конкретного социума не могут не влиять на формирование смысложизненных ценностей людей. Но свобода выбора себя, своей жизненной позиции и соответствующей ей любви остается за самим индивидом при любом общественном строе.

Заключение

Выводы:

1. Исторический экскурс в мир любви и ее сегодняшнее состояние свидетельствуют, что глубина, красота и человечность взаимоотношений определяются степенью духовного развития индивидов (его и ее) как нравственных личностей, творчески реализующих себя во всех сферах жизни.

2. Прочную и надежную семью, основанную на любви и гармонии отношений, создают мужчина и женщина, в духовном мире которых альтруизм доминирует над эгоизмом. Данное нравственное качество является главным, но не единственным условием решения этой задачи. Также нужны учеба, воля, терпение, целеустремленность и заинтересованность в результате, имеющем смысложизненную ценность.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Бердяев Н.А. Самопознание / Н.А. Бердяев. – Москва: Международные отношения, 1990. – 336 с.
2. Гегель Г.В. Философия права / Г.В. Гегель. – Москва: Мысль, 1990. – 524 с.
3. Гончаров И.А. Обыкновенная история / И.А. Гончаров. – Москва: Дет. лит., 1987. – 303 с.
4. Достоевский Ф.М. Дневники писателя: Избранные страницы / Ф.М. Достоевский. – Москва: Современник, 1989. – 557 с.
5. Литвак М.Е. Принцип сперматозоида / М.Е. Литвак – Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 501 с.
6. Миркин Я. Адам и Ева / Я. Миркин // Утро России. – 2021. – 11 марта.
7. Паскаль Б. Мысли / Б. Паскаль. – Санкт-Петербург: Азбука, 1999. – 335 с.
8. Паскаль Б. Рассуждения о любовной страсти / Б. Паскаль // Философия любви. – Москва: Политиздат, 1990. – С. 229–241.
9. Тютчев Ф.И. Предопределение / Ф.И. Тютчев // Русские поэты XIX века. – Москва: Просвещение, 1989. – 576 с.
10. Уайльд О. Портрет Дориана Грея / О. Уайльд. – Москва: Комсомольская правда, 2007. – 493 с.
11. Фромм Э. Искусство любить / Э. Фромм // Душа человека – Москва: Знание, 1992. – С. 109–178.
12. Фрейд З. Очерки по психологии сексуальности / З. Фрейд. – Москва: Система, 1989. – 83 с.
13. Цвейг С. Мария Антуанетта / С. Цвейг. – Москва: Мысль, 1989. – 783 с.
14. Цветаева М.И. Поэма Конца / М.И. Цветаева // Стихотворения; Поэмы; Драматические произведения. – Москва: Худож. лит., 1990. – 398 с.
15. Шопенгауэр А. Афоризмы и максимы / А. Шопенгауэр – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1990. – 344 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Berdyayev N.A. Samopoznanie [Self – knowledge] / N.A. Berdyayev. – Moscow: Mezhdunarodneie otnosheniya, 1990. – 336 p. [in Russian]

2. Hegel G.V. Filosofija prava [Philosophy of law;] / G.V. Hegel. – Moscow : Mysl', 1990. – 524 p. [in Russian]
3. Goncharov I.A. Obyknovennaja istorija [Ordinary story] / I.A. Goncharov. – Moscow : Det. lit., 1987. – 303 p. [in Russian]
4. Dostoevsky F.M. Dnevnik pisatelja: Izbrannye stranicy [Diaries of a writer: Selected pages] / F.M. Dostoevsky. – Moscow : Sovremennik, 1989. – 557 p. [in Russian]
5. Litvak M.E. Princip spermatozoida [Spermatozoid's principle] / M.E. Litvak – Rostov on Don : Feniks, 2010. – 501 p. [in Russian]
6. Mirkin Ja. Adam i Eva [Adam and Eva] / Ja. Mirkin // Utro Rossii. – 2021. – march 11. [in Russian]
7. Pascal B. Mysli [Thoughts] / B. Pascal. – Saint-Petersburg : Azbuka, 1999. – 335 p. [in Russian]
8. Pascal B. Rassuzhdenija o ljubovnoj strasti [Reasoning of love] / B. Pascal // Filosofija ljubvi. [Philosophy of love] – Moscow : Politizdat, 1990. – P. 229–241. [in Russian]
9. Tyutchev F.I. Predopredelenie [Foreclosure] / F.I. Tyutchev // Russkie poety XIX veka. [Russian Poets of the XIX-th Century] – Moscow : Prosveshhenie, 1989. – 576 p. [in Russian]
10. Wilde O. Portret Doriana Greja [The Picture of Dorian Gray] / O. Wilde. – Moscow : Komsomol'skaja pravda, 2007. – 493 p. [in Russian]
11. Fromm Je. Iskusstvo ljubiti' [Mastery of love] / Je. Fromm // Dusha cheloveka [Psyche] – Moscow : Znanie, 1992. – P. 109–178. [in Russian]
12. Freud Z. Oчерки po psihologii seksual'nosti [Sketches on psychology of sexualism] / Z. Freud. – Moscow : Sistema, 1989. – 83 p. [in Russian]
13. Zweig S. Marija Antuanetta [Marie Antoinette] / S. Zweig. – Moscow : Mysl', 1989. – 783 p. [in Russian]
14. Tsvetayeva M.I. Pojema Kontsa [Poem of the End] / M.I. Tsvetayeva // Stihotvorenija; Pojemy; Dramaticheskie proizvedenija. [Poems and Dramatic Works] – Moscow : Hudozh. lit., 1990. – 398 p. [in Russian]
15. Schopenhauer A. Aforizmy i maksimy [Aphorisms and Adages] / A. Schopenhauer – Leningrad : Publishing house of Leningrad University, 1990. – 344 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.032>

БУДУЩЕЕ ФИЛОСОФИИ: СИСТЕМА ЗНАНИЙ О МИРЕ ИЛИ ФИЛОСОФСТВОВАНИЕ, ПОДКЛЮЧАЮЩЕЕ ЧЕЛОВЕКА К БЫТИЮ

Научная статья

Нагой Ф.Н.*

ORCID: 0000-0002-2286-6820,

Волгоградский институт управления – филиал РАНХиГС при Президенте РФ, Волгоград, Россия

* Корреспондирующий автор (fatima_nm[at]mail.ru)

Аннотация

Автор проводит анализ точек зрения на определение сущности и специфики философии, детерминирующих ее развитие. Акцентируется внимание на классическом подходе к пониманию философии как «строгой науки» и на его альтернативе в виде видения философии как личностного размышления человека о смысле существования. Преодоление жесткого разграничения этих подходов автор видит в образе «мирового дерева», где философия предстает как структурированное целое, система знаний с выраженной связью онтологического и метафизического, психологического и антропологического, этического и эстетического. Исследуются различные аспекты концепции «дерева», его роль актуализации на современном этапе мировоззренческих вопросов возникновения философии, содержания истории и предмета философии, стимулы формирования образа будущего философии.

Ключевые слова: философская модель мира, метафизика, спекулятивное мышление, интенциональность, экзистенциальная истина, постмодернизм, хаосмос.

THE FUTURE OF PHILOSOPHY: WORLD KNOWLEDGE SYSTEM OR PHILOSOPHIZING WHICH INVOLVES MAN IN BEING

Research article

Nagoi F.N.*

ORCID: 0000-0002-2286-6820;

Volgograd Institute of Management – branch of RANEPa, Volgograd, Russia

* Corresponding author (fatima_nm[at]mail.ru)

Abstract

The author analyzes points of view on definition of essence and specificity of philosophy, determining its development. Emphasis is placed on the classical approach to the understanding of philosophy as «strict science» and on its alternative in the form of a vision of philosophy as a personal reflection of man on the meaning of existence. The author sees overcoming the rigid delimitation of these approaches in the image of the «world tree», where philosophy appears as a structured whole, a knowledge system with a prominent connection of ontological and metaphysical, psychological and anthropological, ethical and aesthetic. The article studies various aspects of the concept of «tree», its role of realization at the present stage of world view questions of origin of philosophy, the content of history and the subject of philosophy, incentives of forming an image of future philosophy.

Keywords: philosophical model of the world, metaphysics, speculative thinking, intentionality, existential truth, postmodernism, chaos.

Введение

Мировоззренческие вопросы, относимые к «вечным», являются истоками возникновения, настоящим и будущим философии. К их числу следует отнести проблемы причинности и соотношения общего и единичного, которые прошли сквозными темами в ее истории. Исторически философия представляет собой «область реального», утверждающую общую картину мира через экстенсивное умножение количества разнообразных частей, отражающих мир, и интенсивное отображение общего через создание смысловой организующей системы координат. Но парадоксальность современной ситуации заключается в том, что проблема практически сохраняет изначальную постановку проблемы истинного мира – «бытия». Применение понятий «прогресс», «современность» и ряда других к самой философии возможно только с учетом ее специфики.

Методы и принципы исследования

В основу платонической философии, воплощающей единство микрокосмоса и макрокосмоса, заложено единство между миром вещей и миром идей. Платон считает, что основная философская проблема – постижение потенциала духовного слияния с мудростью мира. Человек как бы «вписан» в картину мира – каков мир, таков и человек [7]. В свою очередь, Аристотель писал, что люди начали философствовать и стремиться к знанию ради понимания, а не ради пользы: «когда оказалось в наличии все необходимое, что облегчает жизнь и доставляет удовольствие, тогда стали искать такого рода разумение...» [1; С.69].

Созвучны с этим и взгляды Г.В.Ф. Гегеля о необходимости «способствовать приближению философии к форме науки, чтобы она могла отказаться от имени «любви к знанию» и быть действительным знанием» [2; С.32]. И формулирует задачу философии: обобщение научных данных отдельных дисциплин в особых понятиях и категориях, обеспечивающих построение системы абсолютного знания.

Э. Гуссерль придавал важное значение опыту смыслоотнесенности со стороны ученого: «Теоретическая установка философа предполагает, что он решает сделать свою будущую жизнь универсальной, смысл и задача которой – бесконечное надстраивание теоретического познания...» [3; С.104]. При этом, человек одновременно есть и конституирующий мир субъект, и существующий в мире объект, что приводит к осознанию того, что человечество включает в свой мир всю совокупность объективного.

Противоположен взгляд на философию М. Хайдеггера: философия как наука представляет собой «непревосходимый идеал». Если мировоззрение – это убеждение отдельного философа, то философия – это размышление, а значит и личностное бытие. Философствование есть возможность прорваться к осмысленной свободе, «стремление быть дома повсюду, экзистировать в совокупном целом, задаваясь вопросом, что значит это в «целом», именуемое миром» [9; С.333]. Аналогично Х. Ортега-и-Гассет считал, что «жить» означает упражняться в свободе, а философия и есть то действие, на которое она опирается. Философские системы не абсолютная истина, а отражают индивидуальный горизонт их творцов. Следовательно, реальность является человеческой конструкцией, «... философствовать – искать целостность мира, превращать его в Универсум, придавая ему завершенность и создавая из части целое» [6; С.97-99].

Б. Рассел определял философию как «ничейную землю между религией и наукой». Философия, по его мнению, промежуточна: как теология она – спекуляция по поводу предметов; как наука – опирается на человеческий разум. В целом, философия способна давать человеку новое знание о мире, но важнейшая ее задача – обоснование научного знания в чувственном опыте субъекта: «... учить тому, как жить без уверенности и не быть парализованным нерешительностью, – это главное, что может сделать философия в наш век» [8; С.12].

Особняком в оформлении философской проблематики расположен образ «дерева» как модели структурированного целого, системы знаний об онтологическом и метафизическом, психологическом и антропологическом, этическом и эстетическом. Р. Декарт указывает: «Вся философия подобна дереву, корни которого – метафизика, ствол – физика, а ветви – все прочие науки» [4; С.297]. Он считает, что свобода заключается в способности подчиниться логике порядка даже наперекор собственному чувству во имя или под бременем истины.

Иначе ставит акценты М. Хайдеггер – он переносит внимание с дерева на свет и почву его питающие, и человек утверждается на фоне истолкования природы, истории человеческого мира. «Нет никакой «систематической» мысли, существует философствование, подключающее к бытию: человек приобретает необходимую бедность пастуха, чье достоинство покоится на том, что он самим бытием призван к сбережению его истины» [9].

С критикой теории «дерева» выступает Ж. Делёз: «все понятия философии находятся между двумя полюсами: шизофренией и паранойей, которые образуют противостоящие друг другу способы мышления – шизоанализ и поиск причинно-следственных обоснований» [5; С.71]. Поэтому, смысл шизоанализа – освобождение из-под «власти дерева», когда философия должна размышлять о событиях, а не о сущностях. Его единомышленник, П.-Ф. Гваттари становится автором «ризомной» концепции, где «ризома» допускает «множественные неиерархичные точки входа и выхода в представлении и интерпретации знания» [5]. Ризома, таким образом, противопоставлена иерархичному древовидному подходу к осознанию мира и процессов в нем. В целом, метафора дерева привносит в содержание модели мира метафизическую идею «корня» как основания и первопричины. Однако, древовидная организация процессуальности, по оценке постмодернистских авторов, не обладает творческим потенциалом и бинарная логика, типичная для них – это духовная реальность дерева-корня, которая господствуют в психоанализе, структурализме и других областях.

Постмодернисты предлагают «корневище» как метафору клубня вместо корня, лабиринт вместо дерева как образ мира. Вводится новое понятие «хаосмос» для обозначения внутреннего тождества мира и хаоса, в отличие от понятия «космос», отождествляющего мир и порядок. Концепция достраивается ацентризмом, обращенным за пределы самопорождающейся продуктивности. Постмодерн отвергает центрированное мировоззрение и детерминизм как свойство каузальности дерева, приветствует идею случайности событий, когда феномен смысла обретает проблематичный статус.

Заключение

Постмодерн сыграл положительную роль, дав критику внутренних источников развития центрированной и системной рефлексии мира. Но философия постмодерна и сама остановилась, не решив проблему образа будущей философии. Таким образом, «вечные» мировоззренческие вопросы являются одновременно истоками возникновения философии и содержанием современного предмета философии, включая понимание ее как науки и практики житейской мудрости; как учения о смысле истории и перспективах человеческого развития в целом. Поэтому представляется перспективным такой подход к философским исследованиям, который основан на перманентной конвергенции двух мировоззренческих ориентаций: «большого дерева» как центрированной картины мира и «лабиринта», как ацентрированного его видения.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Рассел Б. История западной философии История западной философии в 2 т. / Б. Рассел – Москва : Миф, 1999.
2. Декарт Р. Первоначала философии Первоначала философии в 2 т. / Р. Декарт – Москва : Мысль, 1989.
3. Гегель Г.В.Ф. Феноменология духа Феноменология духа в 14 т. / Г.В.Ф. Гегель – Москва : Изд-во социально-политической литературы, 1959.
4. Хайдеггер М. Бытие и время / М. Хайдеггер – Москва : Республика, 1993. – 503 с.
5. Хайдеггер М. Основные понятия метафизики. Мир – Конечность – Одиночество. / М. Хайдеггер – Москва : Мысль, 1993. – 592 с.
6. Гваттари Ф. Что такое философия? / Ф. Гваттари, Ж. Делез – Москва : Ин-т эксперим. социологии, 1998. – 228 с.
7. Ортега-и-Гассет Х. Что такое философия? / Х. Ортега-и-Гассет – Москва : Наука, 1991. – 411 с.
8. Гуссерль Э. Кризис европейского человечества и философия. / Э. Гуссерль // Вопросы философии. – 1986. – № 3. – С. 104–109.
9. Аристотель. Метафизика: в 4 т.; / Аристотель – Москва : Мысль, 1976.
10. Платон. Пир в 4 т. / Платон – Москва : Мысль, 1993.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rassel B. Istoriya zapadnoj filosofii [History of Western philosophy] History of Western philosophy in 2 vol. / B. Rassel – Moscow : Mif, 1999. – Vol 1. [in Russian]
2. Dekart R. Pervonachala filosofii [The original philosophy] The original philosophy in 2 vol. / R. Dekart – Moscow : My'sl', 1989. – Vol. 1 [in Russian]
3. Gegel' G.V.F. Fenomenologiya duxa [Phenomenology of the spirit] Phenomenology of the spirit in 14 vol. / G.V.F. Gegel' – Moscow : Publishing house of socio-political literature, 1959. – Vol 4. [in Russian]
4. Xajdegger M. By'tie i vremya [Being and Time] / M. Xajdegger – Moscow : Respublika, 1993. – 503 p. [in Russian]
5. Xajdegger M. Osnovnye ponyatiya metafiziki. Mir – Konechnost' – Odinochestvo. [Basic concepts of metaphysics. World – Limb – Loneliness.] / M. Xajdegger – Moscow : My'sl', 1993. – 592 p. [in Russian]
6. Gvattari F. Chto takoe filosofiya? [What is philosophy?] / F. Gvattari, Zh. Delez – Moscow : Institute of experim. sociology, 1998. – 228 p. [in Russian]
7. Ortega-i-Gasset X. Chto takoe filosofiya? [What is philosophy?] / X. Ortega-i-Gasset – Moscow : Nauka, 1991. – 411 p. [in Russian]
8. Gusserl' E'. Krizis evropejskogo chelovechestva i filosofiya [The crisis of European humanity and philosophy]. / E'. Gusserl' // Voprosy' filosofii [Questions of philosophy]. – 1986. – № 3. – p. 104-109. [in Russian]
9. Aristotel'. Metafizika [Metaphysics] in 4 vols.; / Aristotel' – Moscow : My'sl', 1976. – Vol. 1. [in Russian]
10. Platon. Pir [Feast] in 4 vols. / . Platon – Moscow : My'sl', 1993. – Vol. 2. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.033>

К ВОПРОСУ О СТАТУСЕ ЧЕЛОВЕКА В АБСОЛЮТНОЙ МИФОЛОГИИ А.Ф. ЛОСЕВА

Научная статья

Соломеина Л.А.*

ORCID: 0000-0002-0118-7458,

Санкт-Петербургский имени В.Б.Бобкова филиал Российской таможенной академии, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (solomeinal[at]yandex.ru)

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с философскими аспектами христианского понимания человеческой личности, ее отношений с Богом и миром в творчестве А.Ф. Лосева. Затрагиваются такие ключевые аспекты лосевского творчества, как свобода, спасение, символизм, исихазм в контексте христианской антропологии. Автор делает вывод, что в философии А.Ф. Лосева основополагающими являются два момента – христианский онтологизм, или реальное существование Личного Живого Бога и личная свобода человека, основанная на субстанциальной независимости от Бога. Условием осуществления человека во всей его полноте и свободе становится, по Лосеву, общение человека с Богом через Энергии, в Имени, философским обоснованием становится оноματοдоксия.

Ключевые слова: православие, культура, личность, персонализм.

ON THE QUESTION OF THE STATUS OF MEN IN THE ABSOLUTE MYTHOLOGY OF A.F. LOSEV

Research article

Solomeina L.A.*

ORCID: 0000-0002-0118-7458,

St. Petersburg named after VB Bobkova branch of the Russian Customs Academy, Saint-Petersburg, Russia

* Corresponding author (solomeinal[at]yandex.ru)

Abstract

The article raises the questions related to the philosophical aspects of the Christian understanding of human personality, its relation to God and the world in the creative work of A.F. Losev. Key aspects of Losev's work are touched upon, such as freedom, salvation, symbolism, and hesychasm in the context of Christian anthropology. The author concludes that two points are fundamental in the philosophy of A.F. Losev – Christian ontologism, or the real existence of Personal Living God and the personal freedom of men, based on the material independence from God. According to Losev, the condition for the realization of man in all fullness and freedom is the communication of man with God through Energy, in the Name, the philosophical justification of which becomes onomatodoxy.

Keywords: Orthodoxy, culture, personality, personalism.

Введение

Алексей Федорович Лосев – христианский мыслитель, для которого проблема человека и его бытия была не просто научной проблемой. Будучи во многом последователем Владимира Соловьева, Лосев разделял его идеал целостного знания, включающего в себя и веру, и знание, и жизнь. Лосев был монахом в миру, и для него очень важными были вопросы о том, как возможна вера и религиозная жизнь человека в период глубочайшей ломки всех социокультурных оснований, как возможно совмещение веры и культуры, что является основанием человеческой личности. Эти вопросы не только не теряют своей значимости и сейчас, но на наш взгляд, они становятся основополагающими в контексте все более усиливающегося ощущения разорванности и неопределенности человеческого существования в современном обществе. Поэтому представляется актуальным обращение к творчеству одного из самых значительных мыслителей XX века.

Основные результаты

Полагая основание человека в Боге, Лосев ставит вопрос о способах приближения к Богу, и о необходимости создания философии на основе православия, Абсолютной мифологии, которая должна стать фундаментом христианской культуры, где человек сможет преодолеть разорванность веры, мысли и жизни [4, С. 102–129]. И в этом контексте для Лосева важно определить место человека и человеческого бытия, оставаясь при этом в рамках именно православной традиции.

Для Лосева «именно персонализм есть тот единственный принцип, который – при всей его связи с апофатизмом и субъективизмом – может обеспечить прорыв в чистую онтологию» [8, С. 170]. Персонализм и вера в онтологическую реальность Бога обеспечивают, по мнению Лосева, четкое разделение человека и Бога и невозможность подмены одного другим. Подлинная свобода человека для Лосева возможна только в христианстве, где Бог – Абсолютная Личность и человек есть личность «по образу и подобию» Бога. Подлинная свобода есть свобода в «вечности». Пантеизм же «отождествляет Бога и мир, т. е., прежде всего, – пишет Лосев, – обожествляет и абсолютизирует мир», а так как мир «заключает в себе разные степени совершенства, то пантеизм обожествляет их все, поэтому он – субординационизм; и рабство, природное и окончательное, есть необходимая принадлежность пантеизма» [1, С. 238]. Свобода же, по Лосеву, всегда предполагает свой субъект, или личность, которая есть прежде всего самосознание. Личность есть в то же время единичный носитель всех ее проявлений. И сущность христианства заключается в абсолютной Личности Бога, которая настолько же (или ещё более!) реальная и живая, как и всякая человеческая личность. И, как и со всякой личностью, с Богом возможно общение: «абсурдом и нелепостью было бы утверждение, что невозможно общение с Абсолютом», пишет Лосев. Зачем нужно общение с Богом? Общаться с Абсолютом, по Лосеву, и уподобляться ему это значит, самому становиться абсолютным, т. е. спасаться. А что значит общаться? Это, по Лосеву, значит иметь что-то общее, на основе

чего и возможно общение. Это относится и к Абсолюту, с той лишь разницей, что необходимо помнить о «своеобразии этого высокого предмета и общение с ним, конечно, может быть весьма и весьма своеобразным» [1, С. 360]. Далее, Лосев говорит, что общаться можно только посредством языка, и это должен быть общий язык. «Но что может быть общего у Абсолютной Личности с тварью?» – спрашивает Лосев. Общее возникает тогда, когда тварь воспринимает Энергии Бога, т. е. общение возможно не субстанциальное, но энергийное. Это есть умное восхождение к Богу с помощью Божественных средств – умной молитвы и Таинства [1, С. 361-362].

Итак, общение с Богом возможно только при участии Божественных Энергий, которые включены в структуру Божественного бытия, но за пределами Троицы, что для Лосева очень важно, так как это условие сохранения мысли в рамках православной догматики. Надо отметить эту позицию Лосева, для него это принципиальный вопрос, так как отлитая в точных формулах догмата православная мысль выверена веками борьбы с ересями, и именно она и обеспечивает, с точки зрения Лосева, точную фиксацию как результатов религиозного мистического опыта, так и опыта толкования священных текстов. А. Ф. Лосев выступает последователем традиции православного энергетизма, сформировавшейся в XIV в. в споре между Архиепископом Фессалоникским Григорием Паламой и Варлаамом Калабрийским, и догматически закреплённой на Константинопольском соборе 1351 года. В следующей формулировке: «Свет Фаворский не есть ни сущность Божия, ни тварь, но энергия сущности.... Он – нетварная, естественная благодать, воссияние и энергия, нераздельно и вечно происходящая от самой божественной сущности. Энергия сущности нераздельна с сущностью и неслиянна с нею. Энергия сущности нетварна. Энергия сущности не вносит разделения в самую сущность и не нарушает её простоты. Имя «Божество» относится не к только к сущности Божией, но и к энергии, т. е. Энергия Божия тоже есть сам Бог. В сущности Божией тварь не может участвовать, в энергии же – может» [2, С. 894-896].

О ситуации вокруг принятия этих актов пишет В.В. Бибихин [5, С. 185]. Он отмечает, что в этих актах больше тревоги о византийском мире, чувства его надрыва и надрыва христианства, чем в позиции противников. Речь шла об опасности потери православной веры, самости, перед лицом католического Запада и мусульманского Востока. Догмат принимается собором Синода 1351 году, в Константинополе, недавно взятом войсками Иоанна Кантакузена и его оттоманского союзника Умура Паши. Необходимо было подтвердить присутствие в мире Бога и Его действия, что выразилось в учении о нетварных энергиях, посредством которых Бог всегда присутствует в мире и даёт возможность человеку утвердиться в Вечности, «обескураживающий догмат Паламы уже отвечал на тогда ещё далёкую угрозу ухода христианства из мира». Ведь это позднее средневековья и не за горами уже блеск Возрождения. В.В. Бибихин говорит о богословской шаткости (или не безусловности) позиции Григория Паламы, ведь говоря о нетварных энергиях, неслиянных и неотделимых от Бога, а также, отвергая *filioque*, он претендует на лучшее знание Бога, тогда как богословская традиция говорит о непознаваемости Бога [5, С. 201]. Но речь шла не просто об уточнении в учении, а о сохранении его основ, а сохраниться оно может только как предмет веры людей, многих людей, а не одних только богословов. А это, в свою очередь, возможно лишь при сохранении живого ощущения Бога, его присутствия и действия. Поэтому, Энергии – нетварные, в них сам Бог, т. е., в действии Бога человек встречается с Ним самим. Но Бог должен остаться Богом неприступным, высоким, ведь в неприступности тоже залог мощи. А это значит, что Энергии Бога есть Бог, но Бог не есть его Энергии – «нераздельность и неслиянность». Здесь возникает вопрос, не видел ли Лосев схожести ситуации начала XX-го века с веком XIV в Византии? Да не просто схожест, а полное развитие и раскрытие ситуации, которая только намечалась тогда. Ощущение гибели христианской культуры, когда христианство теряет свои позиции в мире, характерно не только для Лосева, мы найдем эту тревогу в трудах славянофилов – К.С. Аксакова, И.В. Кириевского, и конечно у Ф.М. Достоевского. Лосев ищет ответ и спасение в исихазме. Учение св. Григория Паламы о Божественных Энергиях становится основанием оноματοдоксии Лосева и фундаментом его антропологии.

При создании своей религиозной философии Лосев стремится следовать православной догматике, частью которой становится паламизм. Философ старается разрешить те противоречия, которые он видит у Вл. Соловьёва и которые, как он считает, не были полностью разрешены у других философов начала XX века, что, по мнению Лосева неизбежно приводило к размыванию христианской основы, уводило в пантеизм, если не по духу, то по букве. Среди предшественников Лосева в разработке идей православного энергетизма можно назвать Е.Н. Трубецкого, Вяч.И. Иванова, В.Ф. Эрн, С.Н. Булгакова и П.А. Флоренского [6], [10]. Это направление мысли было также связано с *имяславческими* спорами, развернувшимися в 1910-е гг. на Афоне. По мнению Лосева, основой православного энергетизма является неоплатонизм, вошедший в христианскую мысль через Псевдо-Дионисия Ареопагита, и принесший понятие энергии.

Выделим те моменты, с которыми Лосев полемизирует:

1. Нечёткое разделение (или даже смешение) Бога и твари.
2. Введение материального принципа в структуру Троицы (София – Тело Божие – Святой Дух).
3. Отсутствие чёткого понимания Бога как Абсолютной Личности.
4. Размытость представлений о статусе человека.
5. Субстанциальный тип связи человека с Богом, вытекающий как из статуса человека, так и в связи с воплощением нетварной Софии, «возносящей» человека к Богу.
6. Смешение тварной и нетварной Софии.

Таким образом, преодоление этих положений, положительное разрешение поставленных в них проблем, представляется Лосеву, как ряд важных задач на пути к глобальной цели – сохранению христианства как действенной силы. Для этого и предполагается обосновать такой тип связи человека с Богом, при котором человек оставался бы личностью и который бы полностью исключал любые возможности пантеистического или агностического истолкования.

Лосев не отказывается от софиологии, напротив, она признаётся необходимой, так как без телесности, воплощённости Божественной субстанции, не может быть речи о её реальном существовании. Кроме триипостасного бытия Лосев вводит это софийное начало, вне Троицы, этим обеспечивается отказ от дуализма [1, С. 407]. Лосев определяет эту сферу как «субстанциально-выразительную», «для себя-и-для иного». В разных работах подчёркиваются

разные аспекты софийного начала. Если в работе «Миф – развёрнутое магическое имя» софийное начало утверждает субстанцию сущности, то в «Дополнениях к Диалектике мифа» софийная сфера названа субстанциально-выразительной. Лосев поясняет, «что смысл, будучи осуществлён в виде некоей субстанции, уже как-то выходит из своей самозамкнутости и как-то выражается вовне» [1, С. 344]. В работе «Миф – развёрнутое магическое имя» этот выразительный акт осуществляет ономастическое начало, пятое, без которого Божественная сущность не имела бы проявлений, нам бы не было ничего известно о ней. Как отмечает Лосев, «Диалектическое место имени сразу неясно в учении о пресв. Троице потому, что не было соответствующего догматического закрепления этого места, подобно тому как до сих пор нет догматического закрепления софийного начала, как не было до соборов XIV в. догматического закрепления момента Световой Энергии, как не было в своё время, наконец, догматического закрепления места и смысла самого триединства, а был просто Христос, Сын Божий и очень неясные намёки на должностующие тут быть диалектические уточнения» [1, С. 407]. Имя – это проявление сущности, энергия сущности, т. е. Лосев соединяет здесь имяславие и православный энергетизм. Имя у Лосева по своим характеристикам очень близко к энергии сущности, «имя сущности присуще самой сущности, и по её природе и существу и неотделимо от неё, будучи её выразительной энергией и изваянным, явленным ликом» [1, С. 413]. Но в то же время имя отлично от именуемой сущности и сущность не тождественна сущности. Лосев постоянно подчёркивает, что имя есть имя кого-то, а именно Личности Бога. И это «Живое существо» [1, С. 340], обладающее своими нетварными, предвечными Энергиями. И поскольку имя сущности есть наивысший момент её выражения, то и сообщение сущности, и излияние её в мир оказывается актом именования. Отсюда – «творение происходит путём называния имён, «словом» и словами. Назвать – для сущности значит сотворить. Помянуть что-нибудь – для сущности значит спасти его» [1, С. 413]. Далее, по Лосеву, имя сущности, или Бога, или энергия, и есть условие общения между ней и человеком, но общение это возможно не в факте, в субстанции, в сущности, но в сфере смысла, идеи, энергии, духа, то есть человек не сливается с Богом, не растворяется в нем, он сохраняет свободу и свою сущность, делая сознательный выбор.

Это значит, что Лосев устанавливает чёткую границу между Богом и человеком, человек причастен Богу «по благодати», энергично. Бог выражает себя посредством своих энергий, через них возможно общение и понимание. Лосев подчёркивает, что речь не идёт о познании, человек не в силах познать Бога, апофатизм есть одно из условий символизма, проявленности, выразимости, – они и делают возможным общение через сообщаемые энергии, заключённые в имени. Общение же приближает к Богу и ведёт к спасению [1, С. 414]. Реально это общение происходит в церковном Таинстве и сердечной молитве. Без общения с Богом и без обращения к имени Его, энергии, не может быть спасения.

Имя и энергия обладают символической природой. Лосев выделяет в символе именно его выразительность, «коммуникативность» [8, С. 123]. Как и всякий символ, он обладает особой телесностью, софийностью. Это нетварный символ, выражающий Божественную Личность, он направлен на личностное же восприятие и понимание. Понимание личности, по Лосеву, возможно исключительно через символ, личность никогда не исчерпывается тем, что проявлено, в ней всегда есть скрытое внутреннее содержание. Но то, что доступно восприятию других в личности само по себе уже есть проявление внутреннего, скрытого. Лосевский символизм коренится в выразительной энергии Имени Бога. Христианство, для Лосева, – это символизм, но «христианский символизм весь разыгрывается в умно-духовной сфере. Тут нет оправдания земли и плоти в том их виде, как они существуют. Они «оправдываются тут только в акте преображения и спасения» [2, С. 635-636]. Лосев разделяет рукотворный и нерукотворный символы, выстраивает их иерархию. Символы первой степени – это символы, укоренённые в Божественном бытии, они нерукотворны, их телесность не является материальной. Они выражают нерукотворную Сущность как собственно в Божественном бытии, так и для мира. Основой символа является апофатизм [3, С. 93]. Разрывая апофатизм и символизм, утверждает Лосев, мы получаем либо невыразимую сущность, агностицизм, «вещь в себе», которая непознаваема, отсюда – всё являющееся либо иллюзия, либо итог субъективизма. Другой вариант – позитивизм, для которого «всякое явление и есть самое по себе сущность». Только символизм, утверждает Лосев, «спасает явление от субъективистического иллюзионизма и от слепого обожествления материи, утверждая, тем не менее, его онтологическую реальность, и только апофатизм спасает являющуюся сущность от агностического негативизма и от рационалистически-метафизического дуализма» [3, С. 94]. Таким образом, нерукотворность имени, энергии, символа, устанавливают отчетливую грань между Творцом и человеком, однако их выразительность, коммуникативность, понимаемость, создает постоянную связь между Богом и миром, создает присутствие Бога в мире посредством Энергий, Символов [11, С. 71-72]. Символизм сохраняет онтологическое равновесие присутствия и действия как проявленность принципиальной трансцендентности Бога, но Бога не покинувшего этот мир, после творения (деизм), и не растворившегося в мире (пантеизм). Деизм, как онтологическая и гносеологическая позиция лишает человека возможности общения с Богом, ведёт к отказу от трансценденции (в познании это позитивизм), к замыканию в лучшем случае на обществе (общественная религия О. Конта), в худшем на себе (индивидуализм), а это – отказ от спасения. Пантеизм, как слияние с Богом, онтологически близок язычеству, лишает человека и свободы воли, и личности как таковой.

Лосев подчёркивает субстанциальность тварного мира, его отдельность от Бога и его принципиальную свободу. Человек не укоренен в Боге субстанциально, по существу, и поэтому он свободен. Он отделен от Бога, «общение с Богом происходит в Энергии Сущности, в Имени, в Символе». Человек, согласно Лосеву, может стать Богом не по существу, но «только по причастию к Богу, по благодати Божией, то есть умно, энергично, а не вещественно и сущностно. Нумерически и субстанциально при самом последнем и окончательном слиянии с Богом, при слиянии с Ним до полной неразличимости всё равно остаются две сущности, два бытия, две личности – Бог и человек» [3, С. 372]. Термин «нумерический» мог быть воспринят Лосевым от П.А. Флоренского [10, С. 82, 519-530].

Заключение

Итак, можно сказать, что в философии А.Ф. Лосева основополагающими являются два момента – христианский онтологизм, или реальное существование Личного Живого Бога и личная свобода человека, основанная на субстанциальной независимости от Бога. Общение с Богом есть условие спасения человека, но общение возможно

только с тем, кто присутствует и действует в мире через Энергии и силой Имени своего и именно на обоснование этого направлена философия имени Лосева, ставшая основой его антропологии. Это есть условие построения христианской культуры, в которой будут воплощены идеалы единства веры, знания и жизни, без чего невозможна, по Лосеву осуществленность и свобода человеческой личности.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Лосев А.Ф. Диалектика мифа / А.Ф. Лосев. – Москва : Мысль, 2001. – 558 с.
2. Лосский Н.О. История русской философии / Н.О. Лосский. – Москва : Советский писатель, 1991. – 480 с.
3. Лосев А.Ф. Очерки античного символизма и мифологии / А.Ф. Лосев. – Москва : Мысль, 1993. – 959 с.
4. Булгаков С.Н. Свет невечерний / С.Н. Булгаков. – Москва : Республика, 1994. – 414 с.
5. Флоренский П.А. Столп и утверждение Истины / П.А. Флоренский. – Москва : Правда, 1990. – 840 с.
6. Лосев А.Ф. Имяславие и платонизм. / А.Ф. Лосев // Вопросы философии. – 2002. – № 9. – С. 102-129.
7. Соломеина Л.А. К проблеме символа в творчестве А.Ф. Лосева. / Л.А. Соломеина // Credo New. – 2003. – № 4. – С. 70-80. (дата обращения 07.06.22)
8. Гоготishvilli Л.А. Лосев, исихазм и платонизм. / Л.А. Гоготishvilli // Начала. – 1994. – № 2-4. – С. 101-132.
9. Гоготishvilli Л.А. Лосевская теория авторства. / Л.А. Гоготishvilli // Начала. – 1994. – № 2-4. – С. 151-183.
10. Библихин В.В. Материалы к исихастским спорам. / В.В. Библихин // Проблемы аскетики и мистики в православии / под ред. С.С. Хоружего. – Москва : ДИ-ДИК, 1995. – С. 177-206.
11. Лосев А.Ф. Философия имени. / А.Ф. Лосев // Из ранних произведений. – Москва : Правда, 1990. – С. 11-192.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Losev A.F. Dialektika mifa [Dialectic of myth] / A.F. Losev. – Moscow : My'sl', 2001. – 558 p. [in Russian]
2. Losskij N.O. Istoriya russkoj filosofii [History of Russian Philosophy] / N.O. Losskij. – Moscow : Sovetskij pisatel', 1991. – 480 p. [in Russian]
3. Losev A.F. Ocherki antichnogo simvolizma i mifologii [Essays on ancient symbolism and mythology] / A.F. Losev. – Moscow : My'sl', 1993. – 959 p. [in Russian]
4. Bulgakov S.N. Svet nevechernij [Light is not evening] / S.N. Bulgakov. – Moscow : Respublika, 1994. – 414 p. [in Russian]
5. Florenskij P.A. Stolp i utverzhdienie Istiny' [Pillar and ground of Truth] / P.A. Florenskij. – Moscow : Pravda, 1990. – 840 p. [in Russian]
6. Losev A.F. Imyaslavie i platonizm [Imyaslavie and Platonism]. / A.F. Losev // Voprosy' filosofii [Questions of Philosophy]. – 2002. – № 9. – P. 102-129. [in Russian]
7. Solomeina L.A. K probleme simvola v tvorchestve A.F. Loseva [To the problem of the symbol in the works of A.F. Losev]. / L.A. Solomeina // CREDO NEW [Credo New]. – 2003. – № 4. – P. 70-80. (accessed: 07.06.22) [in Russian]
8. Gogotishvilli L.A. Losev, isixazm i platonizm [Losev, Hesychasm and Platonism]. / L.A. Gogotishvilli // Nachala [Beginnings]. – 1994. – № 2-4. – P. 101-132. [in Russian]
9. Gogotishvilli L.A. Losevskaya teoriya avtorstva [Losev's theory of authorship]. / L.A. Gogotishvilli // Nachala [Beginnings]. – 1994. – № 2-4. – P. 151-183. [in Russian]
10. Bibixin V.V. Materialy' k isixastkim sporam [Materials for hesychast disputes]. / V.V. Bibixin // Problems of asceticism and mysticism in Orthodoxy; edited by S.S. Xoruzhego. – Moscow : DI-DIK, 1995. – P. 177-206. [in Russian]
11. Losev A.F. Filosofiya imeni [Philosophy of the name]. / A.F. Losev // From early works. – Moscow : Pravda, 1990. – P. 11-192. [in Russian]

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ / HISTORY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.034>

КУЛЬТУРА ТИСАПОЛЬГАР В КОНТЕКСТЕ ИНДОЕВРОПЕЙСКОЙ ИСТОРИИ

Научная статья

Алексеев К.А.*

ORCID : 0000-0001-9131-6331,

Тверской казачий технологический институт, Тверь, Россия

* Корреспондирующий автор (alekseev.k[at]mail.ru)

Аннотация

Целью настоящей статьи является определение этнолингвистического статуса носителей культуры Тисапольгар и их роли в процессах ареально-диалектной дивергенции индоевропейской языковой семьи. Методологической основой исследования является системный анализ совокупности данных археологии, палеогенетики, антропологии и глоттохронологии. В результате исследования удалось наметить логистическую цепочку миграции носителей культуры Тисапольгар в направлении Днепра, установить датировки пребывания в конкретном локусе на историческом пути. На основе полученных результатов сделаны выводы о механизмах взаимодействия мигрантов с населением Трипольской культуры, а так же о принадлежности носителей культуры Тисапольгар к восточной ветви индоевропейцев. Исследование открывает возможности для системного исследования исторических судеб родственных ветвей индоевропейской семьи на наиболее ранних этапах индоевропейского этногенеза.

Ключевые слова: индоевропейцы, миграции, Тисапольгар, Триполье.

TISZAPOLGAR CULTURE IN THE CONTEXT OF INDO-EUROPEAN HISTORY

Research article

Aleksseev K.A.*

ORCID : 0000-0001-9131-6331,

Tver Cossack Institute of Technology, Tver, Russia

* Corresponding author (alekseev.k[at]mail.ru)

Abstract

The aim of this article is to determine the ethnolinguistic status of the Tiszapolgar culture bearers and their role in the processes of areal-dialect divergence of the Indo-European linguistic family. The methodological basis of the research is the systematic analysis of the data on archeology, paleogenetics, anthropology and glottochronology. As a result of the study, it became possible to outline a logistic chain of migration of the Tiszapolgar culture bearers in the direction of the Dnipro River and establish the dates of their staying at a particular locus on the historical path. Conclusions were made about the mechanisms of interaction between the migrants and the population of Trypillya culture, as well as about the belonging of the Tiszapolgar culture bearers to the Eastern branch of Indo-Europeans. The study opens up the possibilities for a systematic research of the historical fate of the related branches of the Indo-European family at the earliest stages of Indo-European ethnogenesis.

Keywords: Indo-Europeans, migrations, Tiszapolgar, Tripillya.

Введение

Археологическая культура Тисапольгар названа по большому могильнику Tiszapolgar-Basatanya близ г. Мишкольц в современной Венгрии. Как археологический феномен она была выделена в 1963 г. И. Богнар-Кутциан [22]. Культура распространялась в бассейне Тисы в эпоху энеолита. Основным занятием населения было скотоводство, что несомненно, являлось предпосылкой миграций и перехода к подвижному образу жизни. В отличие от современной ей Ленгильской культуры в Тисапольгаре отсутствует расписная керамика. Формы посуды – кувшины, широкооткрытые горшки для хранения продуктов – украшены геометрическим (вертикальным и горизонтальным) орнаментом. Керамика подлощена, в тесте встречается песок и известь. Орудия труда оставались каменными, медь в хозяйстве не применялась – из неё делались только престижные вещи (украшения). Погребения совершались в грунтовых могильниках вытянуто на боку, причем мужчин хоронили на правом, а женщин – на левом боку [23, С.238-239].

В контексте истории индоевропейской семьи культура Тисапольгар занимает особое место. Обнаруживается трансляция антропологического типа насельников Тисапольгара в нижнеднепровский вариант Ямной культуры (Херсонщина, Запорожье, Михайловка II) [1, С.129]. Это позволяет заключить, что индоиранцы, составлявшие население Ямной культуры Нижнего Днепра были выходцами из ареала Тисапольгара. Эту миграцию можно датировать по тисапольгарской керамике на трипольских поселениях Брынзены III и Костешты IV 3080 г. до н.э. [2, С.140].

Соответственно нашей задачей является отследить пути миграции носителей культуры Тисапольгар в восточном направлении и установить, как сложилась их дальнейшая историческая судьба.

Основные результаты

Обращая внимание на характерные черты культуры Тисапольгар (особенно, в части керамического комплекса), Е.В. Цвек обнаруживает присутствие элементов Тисапольгара (подлощенные кувшины и горшки с вертикальным и горизонтальным орнаментом и примесью песка и извести в тесте) на трипольском поселении Трушешти в междуречье Жиги и Прута [3, С.280]. Т.Г. Мовша относит Трушешти к Солонченской группе памятников [4, С.213], при этом Е.К. Черныш определяет хронологическое положение Трушешти как предшествующее собственно Солонченам II₂ (соответственно 3-я и 4-я ступень Триполья В I) [5, С.199]. По радиоуглеродным датировкам указанного периода, опубликованным Н.С. Котовой, Солончены II₂ датируются 3580 г. до н.э. по традиционной некалиброванной датировке [6, С.81]. К той же 4-ой ступени Триполья В I относится поселение Дрэгушени, датирующееся 3405 г. до н.э. [4, С.

254]. Таким образом, на наш взгляд, Трушешти (относимое к 3-й ступени Триполья В I) является наиболее ранним и при этом наиболее западным памятником Солонченской группы, возникающим гораздо ранее 3580 г. до н.э., предположительно – во второй четверти IV тыс. до н.э.

Учитывая обнаружение элементов культуры Тисапольгара в Трушешти, мы вслед за Е.В. Цвек допускаем, что некоторые представители карпатской котловины проникали далеко на восток, иногда оседая в местной среде [3, С.280, 282].

В ходе миграции 3580 г. до н.э. из ареала Трушешти далее на восток – в междуречье Прута и Днестра была основана собственно Солонченская группа. Мы полагаем, что выходцы из Тисапольгара не участвовали в её основании, а продвинулись еще далее – на Южный Буг, в ареал возникшей еще в начале Триполья В I восточно-трипольской культуры (ВТК). В период 3580-3450 гг. до н.э. тисапольгарская диаспора, вероятно, проживала на памятниках южнобугского локального варианта ВКТ (Борисовка и Печера). Прямых доказательств этому в нашем распоряжении нет, но на более позднем памятнике южнобугского варианта (в Клищеве) элементы Тисапольгара обнаруживаются [3, С.280].

В дальнейшем тисапольгарцы увлекают за собой часть населения южнобугского варианта (*корпоративная миграция* по терминологии Е.Е. Кузьминой [7, С.157]) и формируют буго-днепровский локальный вариант ВТК, первично представленный памятниками типа Красноставки. На этом поселении еще более отчетливо, чем в Трушешти, заметно присутствие керамики, аналогичной тисапольгарской [3, С.280]. При этом Красноставка заметно моложе Трушешти. На ней встречается керамика Ленггеля III, который можно датировать 3450-2920 гг. до н.э., т.е. в промежутке между концом Ленггеля II и началом Балатона [8, С. 410], [9, С.125].

Из памятников типа Красноставки вырастает пенежковско-щербаневская группа древностей, в рамках которой возникает традиция шнуровой керамики (наиболее ранний пример – поселение Веселый Кут, 6-я ступень Триполья В II) [10, С. 49, 110].

Перед нами две волны тисапольгарских миграций в восточном направлении – поздняя, в самом конце культуры (около 3080 г. до н.э. при переходе к Бодрогкерештуру), и ранняя, в самом начале культуры (около 3750 г. до н.э., прото-Тисапольгар или Тисапольгар А). Эта ранняя миграция стала началом исторического процесса, в ходе которого в недрах щербаневско-пенежковской группы возникла традиция шнуровой керамики, достаточно надежно связанная с нордическими индоевропейцами (славяно-балто-германцами). Проживая в ареале возникновения шнуровой керамики, насельники Тисапольгара непосредственно участвовали в формировании этой традиции, скорее всего, являясь элитой буго-днепровского локального варианта ВКТ (пенежковско-щербаневской группы). В силу этого можно допустить, что пенежковско-щербаневская группа была археологическим эквивалентом нордической группы индоевропейцев, а учитывая связь поздней тисапольгарской миграции с индо-иранцами, можно заключить, что на протяжении большей части своей истории (3750-3080 гг. до н.э.) в своем основном ареале классическая культура Тисапольгара оставалась археологическим эквивалентом аугментной макро-группы индоевропейской семьи (включавшей индо-иранцев и палеобалканцев).

Эти выводы обнаруживают системную связь с данными глоттохронологии, согласно которым единая индоиранская группа существовала порядка 700 лет (3040-2350 г. до н.э.) [2, С.139], что предполагает не менее (а может, и более) длительное существование единой аугментной группы в пределах 3750-3040 гг. до н.э. в ареале культуры Тисапольгара. Таким образом, разделение восточной ветви на аугментных и.е. (оставшихся в составе Тисапольгара) и нордических и.е. (ушедших в Трушешти) должно было произойти не позднее 3750 г. до н.э., что подтверждает правильность предлагаемой нами датировки возникновения поселений типа Трушешти как момента первого проникновения нордических тисапольгарцев в трипольскую среду.

В силу этого существование восточной ветви и.е. как единого лингвистического феномена должно было длиться не менее 750 лет, её обособление от архаических и.е. должно было произойти не позднее 4500 гг. до н.э. или даже ранее.

Слияние истоков двух индоевропейских макро-групп в одной археологической культуре являет собой методологическую конвергенцию данных антропологии, глоттохронологии, археологии и лингвистики, обнаруживая адекватность выстраиваемой модели и.е. этногенеза.

Поэтому так важно проследить историю Тисапольгара, предшествующую 3750 г. до н.э. (т.е. моменту ухода нордических и.е. в направлении Днестра), и установить предковые культуры, которые должны будут быть признаны археологическим эквивалентом всей, еще не разделенной восточной ветви индоевропейской семьи, включавшей как аугментную, так и нордическую макро-группы.

На данной стадии исследований в историографии сложилось вполне единодушное мнение, что происхождение Тисапольгара связано с предшествующей культурой Тиса [11, С.192], конкретно – с группой Тиса-Чёсгалом-Херпай [12, С.349]. Данный вывод подтверждается обнаружением в Тисапольгаре митохондриальной гаплогруппы (mtHg) H26, которая ранее встречается в культуре Тисе [13]. Последняя вырастает из культуры альфельдской линейной керамики через группу Сакалхат [14, С. 321], [8, С.358]. В силу этого начало Тисапольгара следует датировать концом Тисы около 3800 г. до н.э. [8, С.363, 409].

Скорее после возникновения Тисапольгара нордическая макро-группа отделилась от ядра культуры и начала свою миграцию на восток (Трушешти – Борисовка – Красноставка – Веселый Кут, Прут – Днестр – Южный Буг – Днепр).

Ряд исследователей (В.А. Сафронов, М. Гарашанин) уточняют, что Сакалхат сложился в результате слияния раннего Альфельда и культуры Винча [9, С.65-67], [15, С.562].

По существу, перед нами две различные линии исторического развития Неолита в Европе: первая происходит от раннего Балкано-Анатолийского комплекса культур (БАК: Караново I, Старчево-Кёрёс, собственно линейно-ленточная керамика и Альфельдская линейно-ленточная керамика); вторая происходит от позднего Балкано-Анатолийского комплекса (БАК: Винча и Чумешти).

Здесь мы оказываемся в полосе серьезной методологической проблемы: отдавая предпочтение одному из двух комплексов, мы делаем другой исторически индифферентным, поскольку к тому же комплексу, который мы выберем, будет относиться не только восточная ветвь и.е. семьи, но и сестринская ей западная ветвь, и в целом все архаические

индоевропейцы. И соответственно другой комплекс перестанет играть какую-либо существенную роль в и.е. этногенезе, по крайней мере на Европейском континенте.

К сожалению анализ погребальной обрядности – ритуальной материализации духовных представлений – ничем не может помочь при разрешении вопроса о происхождении Сакалхата и Тисы – культуры обоих БАК (Кёрес и Винча) имели совершенно одинаковый погребальный ритуал, который транслируется в Тису – скорчено на правом или левом боку [8, С.105, 356], [9, С.80-82]. Таким образом, невозможно однозначно установить, чья культурная традиция восторжествовала.

Палеогенетические данные вносят чуть более ясности. Митохондриальная гаплогруппа (mtHg) H26, которую мы анализировали выше, транслируется в Тисапольгар через Тису именно из Винчи [13], что безусловно свидетельствует в пользу того, что насельники Винчи действительно участвовали в этно- и культурогенезе Сакалхата, Тисы и Тисапольгара. Однако для самой Винчи эта mtHg была субстратной – она встречается так же в поздней культуре линейно-ленточной керамики (КЛЛК) в Хальберштадте (Германия) за пределами какого-либо влияния Винчи [16, С.368], иными словами она была принесена в Европу ранним БАК, что ставит вопрос о лингвистическом статусе самой Винчи – может быть, носители позднего БАК приняли язык субстрата?

Кроме того, в Тисапольгаре обнаруживается mtHg T2c1, прежде так же встречающаяся в ранней КЛЛК [13]. Наконец, следует отметить трансляцию mtHg HV из Альфельда в долину Сват (Гандхарская культура индоарийцев) [17, С.38]. Эта митохондриальная гаплогруппа является латентной для Тисапольгара и не обнаруживается в его генофонде, но именно носители этой mtHg впоследствии стали говорить на индоарийских языках на исторических местах обитания в Индостане.

Обсуждение

Предварительно можно заключить, что генофонд Тисапольгара на 75-80 % был представлен носителями раннего БАК, и на 20-25 % до-неолитическими компонентами древнейшего населения Европы. К последним мы относим mtHg H1, которая встречается как в Деревке на Днепре (4045 г. до н.э.) [18, *sup.tab.1*], так и в культуре Рёссен в Германии [16, С. 369] (см. Табл.1). Гены, которые были бы принесены исключительно поздним БАК как таковые отсутствуют.

Таблица 1 – Относительные частоты митохондриальных компонентов культуры Тисапольгар (с учетом и без учета латентных гаплогрупп)

Гаплогруппы, удельный вес в %				Итог, %
H1	H26	T2c1	HV (латентная)	
20	20	40	20	100
25	25	50	-	100
До-неолитический кластер = 20 (25) %	Кластер раннего БАК = 75 (80) %			100

При этом нельзя полностью отвергать той возможности, что ранний субстрат, представленный носителями mtHg T2c1, H26 и HV, подвергся столь сильному духовному влиянию пришлого винчанского суперстрата, что принял их язык и культуру. Это еще один существенный методологический вопрос: в каком случае суперстрат навязывает свой язык большинству населения (как это, по нашим предположениям, имело место в случае с нордическими и.е. и трипольцами шербаневско-пенежковской группы), и почему в других случаях суперстрат растворяется в численно превосходящем субстрате (как мы это предполагаем для отношений Винчи и Альфельда)? Вероятно, торжество языка меньшинства является результатом не численного, но культурного превосходства в каждом конкретном случае. Применительно к шербаневско-пенежковским трипольцам, надо полагать, что они приняли нордический язык мигрантов из Тисапольгара, поскольку те несли им высокие металлургические технологии. В период Триполье В I-II доминирующую роль в карпато-днепровском регионе (трипольском очаге металлообработки) начинает играть именно тиссо-трансильванский регион [19, С.136], тогда как, по справедливому утверждению В. А. Дергачева, раннетрипольская металлургическая традиция прекращает своё бытие и изделия кукутень-трипольской культуры периода А-ВІ более не обнаруживаются [20, С.62]. Равным образом угасает и гумельницко-варненский очаг. Напротив, поддерживая связь с прежней родиной, нордические и.е. сумели занять освободившуюся нишу импорта сырья и технологий и, предположительно, стали агентами по поставкам меди из трансильванских рудников в карпато-поднепровский (трипольский) регион [21, С.25], благодаря чему смогли стать элитой в Красноставке, Щерабневке и Пенежкове, и привить местным трипольцам свой язык и культуру. До этого нордические и.е. (в Трушешти, в Борисовке) элитой не были, но лишь диаспорой, которой позволено было проживать в трипольском ареале.

Заключение

Таким образом, мы проследили путь носителей культуры Тисапольгар, которых считаем предками славяно-балто-германцев, из бассейна Тисы в Центральной Европе до берегов Днепра, где впервые возникает шнуровой орнамент – отличительный знак нордической группы и.е. Ключевым историческим моментом оказалась ранняя миграция нордических индоевропейцев из Тисапольгара в восточном направлении – в ареал культуры Триполье. Здесь они превратились в элиту пенежковско-шербаневской группы ВТК. Этот пример показывает нам, что вопрос происхождения культуры Тисапольгар и всей восточной ветви и.е. семьи находится в системной связи с проблемой неолитизации Европы: в ходе исторического развития должен был восторжествовать язык той группы неолитических земледельцев, которая внесла больший вклад в культурное развитие и прогресс континента. Но это предмет отдельного исследования самых ранних этапов истории индоевропейской семьи.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность доктору исторических наук Валентину Анисимовичу Дергачеву (Институт культурного наследия Академии наук Молдовы) за предоставление самых новейших материалов по проблеме трипольской металлургии.

Acknowledgement

The author expresses their sincere gratitude to Valentin Anisimovich Dergachev, Doctor of History (Institute of Cultural Heritage, Academy of Sciences of Moldova) for providing the most up-to-date materials on the problem of Tripolye metallurgy.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Кузьмина Е.Е. Арии: путь на юг / Е.Е. Кузьмина. – Москва : Российский институт культурологии, 2008. – 557 с.
2. Котова Н.С. Деревянная культура и памятники Нижнемихайловского типа / Н.С. Котова. – Киев. – Харьков : Майдан, 2013. – 486 с.
3. Рындина Н.В. Древнейшее металлообрабатывающее производство Юго-Восточной Европы / Н.В. Рындина – Москва : Московский государственный университет, 1998. – 288 с.
4. Сафронов В.А. Индоевропейские прародины / В.А. Сафронов. – Горький : Горьковский государственный университет, 1989. – 400 с.
5. Дергачев В. Кондрицкий клад / В. Дергачев, В. Парнов. – Кишинев : Бутучень, 2022. – 74 с.
6. Котова Н.С. Ранний Энеолит степного Поднепровья и Приазовья / Н.С. Котова. – Луганск : Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, 2006. – 328 с.
7. Lipson M. Parallel palaeogenomic transects reveal complex genetic history of early European farmers. / M. Lipson // Nature. – 2017. – № 551. – P. 368-372.
8. Mathieson I. The Genomic History of Southeastern Europe. / I. Mathieson // Nature. – 2018. – № 555. – P. 197-203.
9. Алексеев К.А. Ареально-диалектная дивергенция восточной ветви индоевропейской семьи / К.А. Алексеев // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: «История и политические науки». – 2021. – № 3. – С. 131-145.
10. Цвек Е.В. Восточнотрипольская культура и контакты её носителей с энеолитическими племенами Европы / Е.В. Цвек // Археологические вести. – 2000. – № 7. – С. 274-290.
11. Алексеев К.А. К вопросу о происхождении индо-иранцев и тохар в свете новейших данных генетики / К.А. Алексеев // Genesis: исторические исследования. – 2020. – № 12. – С. 34-43.
12. Козинцев А.Г. О ранних миграциях европеоидов в Сибирь и Центральную Азию / А.Г. Козинцев // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2009. – № 4(40). – С. 125-136.
13. Дергачев В.А. Особенности культурно-исторического развития Карпато-Поднестровья. К проблеме взаимодействия древних обществ Средней, Юго-Восточной и Восточной Европы / В.А. Дергачев // Stratum plus. – 1999. – № 2. – С. 169-221.
14. Нечитайло А.Л. Анализ общего состояния металлургического производства Украины и сопредельных регионов в эпоху раннего металла / А.Л. Нечитайло // Проблеми гірничої археології: матеріали І-го Карпатського польового археологічного семінару. – Алчевск : ДГМІ, 2003. – С. 20-37.
15. Археология Украинской ССР. – Издательство АН УССР. К., 1985. – Т.1. – 568 с.
16. Энеолит СССР. – Москва : Издательство АН СССР, 1982. – 360 с.
17. Археология Венгрии. Каменный век / Под ред. В.С. Титов, И. Эрдели. – Москва, 1980. – 426 с.
18. Гарашанин М. Балканский полуостров и Юго-Восточная Европа в эпоху Неолита / М. Гарашанин // История Человечества. Издание ЮНЕСКО. – Москва, 2003. – Т.1. – С. 558-570.
19. Монгайт А.Л. Археология Западной Европы. Каменный век / А.Л. Монгайт. – Москва, 1973. – 428 с.
20. Bognár-Kutzián I. The Early Copper Age Tiszapolgár Culture in the Carpathian Basin / I. Bognár-Kutzián // Archaeologia Hungarica. – 1927. – Vol. 48. – P. 63-72.
21. Kalicz N. Beiträge zur Kenntnis der Kupferzeit im ungarischen Transdanubien / N. Kalicz // Die Kupferzeit als historische Epoche: symposium Saarbrücken und Otzenhausen 6-13.11.1988. – Bonn, 1991. – P. 347-387
22. Makkay J. Entstehung, Blüte und Ende der Theiß-Kultur / J. Makkay // Die Kupferzeit als historische Epoche: symposium Saarbrücken und Otzenhausen 6-13.11.1988. – Bonn, 1991. – P. 319-328
23. Brandt G. Beständig ist nur der Wandel! Die Rekonstruktion der Besiedelungsgeschichte Europas während des Neolithikums mittels paläo- und populationsgenetischer Verfahren / G. Brandt. – Mainz, 2014. – 419 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kuz'mina E.E. Arii: put' na jug [Arias: the way to the south] / E.E. Kuz'mina. – Moscow : Russian Institute of Cultural Studies, 2008. – 557 p. [in Russian]
2. Kotova N.S. Dereivskaja kul'tura i pamjatniki Nizhnemihajlovskogo tipa [Dereivskaya culture and monuments of the Lower Mikhaylovskiy type] / N.S. Kotova. – Kiev. – Har'kov : Majdan, 2013. – 486 p. [in Russian]
3. Ryndina N.V. Drevnejshee metalloobrabatyvajushhee proizvodstvo Jugo-Vostochnoj Evropy [The oldest metalworking industry in South-Eastern Europe] / N.V. Ryndina – Moscow : Moskovskij gosudarstvennyj universitet, 1998. – 288 p. [in Russian]
4. Safronov V.A. Indoevropskie prarodiny [Indo-European ancestral homelands] / V.A. Safronov. – Gor'kij : Gorky State University, 1989. – 400 p. [in Russian]
5. Dergachev V. Kondrickij klad [The Condrița hoard] / V. Dergachev, V. Parnov. – Kishinev : Butuchen', 2022. – 74 c. [in Russian]
6. Kotova N.S. Rannij Jeneolit stepnogo Podneprov'ja i Priazov'ja [Early Eneolithic of the steppe Dnieper and Azov] / N.S. Kotova. – Lugansk : V. Dahl East Ukrainian National University, 2006. – 328 p. [in Russian]

7. Lipson M. Parallel palaeogenomic transects reveal complex genetic history of early European farmers. / M. Lipson // *Nature*. – 2017. – № 551. – P. 368-372.
8. Mathieson I. The Genomic History of Southeastern Europe. / I. Mathieson // *Nature*. – 2018. – № 555. – P. 197-203.
9. Alekseev K.A. Areal'no-dialektnaja divergencija vostochnoj vetvi indoevropskoj sem'I [Areal-dialectal divergence of the eastern branch of the Indo-European family] / K.A. Alekseev // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Serija: «Istorija i politicheskie nauki»* [Vestnik of the Moscow State Regional University. Series: History and Political Science]. – 2021. – № 3. – P. 131-145. [in Russian]
10. Cvek E.V. Vostochnotripol'skaja kul'tura i kontakty ejo nositelej s jeneoliticheskimy plemenami Evropy [East Tripoli culture and contacts of its bearers with the Eneolithic tribes of Europe] / E.V. Cvek // *Arheologicheskie vesti* [Archaeological Vest]. – 2000. – № 7. – P. 274-290. [in Russian]
11. Alekseev K.A. K voprosu o proishozhdenii indo-irancev i tohar v svete novejsih dannyh genetiki [To the question of the origin of the Indo-Iranians and Tocharians in the light of the latest data of genetics] / K.A. Alekseev // *Genesis: istoricheskie issledovanija* [Genesis: Historical Research]. – 2020. – № 12. – P. 34-43. [in Russian]
12. Kozincev A.G. O rannih migracijah evropejcov v Sibir' i Central'nuju Aziju [On the early migrations of Europeans to Siberia and Central Asia] / A.G. Kozincev // *Arheologija, jetnografija i antropologija Evrazii* [Archeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia]. – 2009. – № 4(40). – P. 125-136. [in Russian]
13. Dergachev V.A. Osobennosti kul'turno-istoricheskogo razvitiya Karpato-Podnestrov'ja. K probleme vzaimodejstvija drevnih obshhestv Srednej, Jugo-Vostochnoj i Vostochnoj Evropy [Features of the cultural and historical development of the Carpatho-Podnestrovie. To the problem of interaction of ancient societies of Central, South-Eastern and Eastern Europe] / V.A. Dergachev // *Stratum plus*. – 1999. – № 2. – P. 169-221. [in Russian]
14. Nechitajlo A.L. Analiz obshhego sostojanija metallurgicheskogo proizvodstva Ukrainy i sopredel'nyh regionov v jepohu rannego metalla [Analysis of the General State of Metallurgical Production in Ukraine and Adjacent Regions in the Early Metal Age] / A.L. Nechitajlo // *Problemi girnihoj arheologii* [Problems of mining archeology]: materials of the 1st Kartamysk field archeological seminar. – Alchevsk : DGMI, 2003. – P. 20-37. [in Russian]
15. *Arheologija Ukrainskoj SSR* [Archeology of Ukraine SSR (1985)]. – Academy of Sciences of Ukraine, 1985. – Vol. 1. – 568 p. [in Russian]
16. *Jeneolit SSSR* [Eneolithic of the USSR (1982)]. – Moscow : Academy of Sciences of the USSR, 1982. – 360 p. [in Russian]
17. *Arheologija Vengrii. Kamennyj vek Archeology of Hungary. Stone Age (1980)* / Ed. by V.S. Titov, I. Jerdeli. – Moscow, 1980. – 426 p. [in Russian]
18. Garashanin M. Balkanskij poluostrov i Jugo-Vostochnaja Evropa v jepohu Neolita [The Balkan Peninsula and South-Eastern Europe in the Neolithic] / M. Garashanin // *Istorija Chelovechestva. Izdanie JuNESKO* [History of Humanity. Ed. UNESCO]. – Moscow, 2003. – Vol. 1. – P. 558-570. [in Russian]
19. Mongajt A.L. *Arheologija Zapadnoj Evropy. Kamennyj vek* [Archeology of Western Europe. The Stone Age] / A.L. Mongajt. – Moscow, 1973. – 428 p. [in Russian]
20. Bognár-Kutzián I. The Early Copper Age Tiszapolgár Culture in the Carpathian Basin / I. Bognár-Kutzián // *Archaeologia Hungarica*. – 1927. – Vol. 48. – P. 63-72.
21. Kalicz N. Beiträge zur Kenntnis der Kupferzeit im ungarischen Transdanubien [Contributions to knowledge of the Copper Age in Hungarian Transdanubia] / N. Kalicz // *Die Kupferzeit als historische Epoche* [The Copper Age as a historical epoch]: symposium Saarbrücken and Otzenhausen 6-13.11.1988. – Bonn, 1991. – P. 347-387. [in German]
22. Makkay J. Entstehung, Blüte und Ende der Theiß-Kultur [Emergence, heyday and end of the Tisza culture] / J. Makkay // *Die Kupferzeit als historische Epoche* [The Copper Age as a historical epoch]: symposium Saarbrücken and Otzenhausen 6-13.11.1988. – Bonn, 1991. – P. 319-328. [in German]
23. Brandt G. Beständig ist nur der Wandel! Die Rekonstruktion der Besiedlungsgeschichte Europas während des Neolithikums mittels paläo- und populationsgenetischer Verfahren [Only change is constant! The reconstruction of the settlement history of Europe during the Neolithic using paleo- and population-genetic methods] / G. Brandt. – Mainz, 2014. – 419 p. [in German]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.035>

ПАДЕНИЕ ТЕОКРАТИЧЕСКОГО СТРОЯ ПРАВЛЕНИЯ НА ОСТРОВЕ РЮГЕН В XII ВЕКЕ

Научная статья

Прохватилов И.В.*

ORCID: 0000-0002-0312-7264,

Московский государственный областной университет, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (hypakabra2014[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье исследуются причины и процесс падения теократического строя на острове Рюген в 1168 году. Автором выдвинута версия о том, что успех похода датского войска, возглавляемого королём Вальдемаром I Великим и епископом Абсаломом Роскильде, смог состояться лишь благодаря их предварительному тайному сговору с рюгенской светской знатью, во главе с князьями Тетиславом и Яромаром, позволивших датчанам уничтожить храм-крепость Аркона и другие языческие святилища и способствовавших последующему крещению населения острова. Предпринята попытка логического объяснения причин падения язычества и процесса перехода князей острова Рюген под вассалитет от датской короны, в дальнейшем позволивший Дании продолжить экспансию на славянские прибрежные территории Южной Балтики. Приведены аргументы, позволяющие объяснить ряд пробелов и замалчиваний в средневековых первоисточниках, повествующих о датском походе на остров Рюген в 1168 году.

Ключевые слова: Аркона, Рюген, Руян, Световит, Вальдемар I Великий, Тетислав, Яромар, датский поход 1168 года, язычество, христианство, балтийские славяне.

THE FALL OF THEOCRATIC RULE ON THE ISLAND OF RÜGEN IN THE XII CENTURY

Research article

Prokhvatilov I.V.*

ORCID: 0000-0002-0312-7264,

Moscow State Regional University, Moscow, Russia

* Corresponding author (hypakabra2014[at]yandex.ru)

Abstract

The article explores the causes and process of the collapse of the theocratic system on the island of Rügen in 1168. The author suggests that the success of the campaign of the Danish troops led by King Valdemar I the Great and Bishop Absalon Roskilde was possible only because of their prior secret collusion with the Rügen secular nobility, led by the princes Tetzlav and Jaromar, allowing the Danes to destroy the fortress temple of Arkona and other pagan sanctuaries, thus, facilitating the subsequent baptism of the island's population. An attempt was made to logically explain the reasons for the fall of Paganism and the process of transition of the princes of the island of Rügen to vassalage from the Danish crown, which later allowed Denmark to continue expansion into the Slavic coastal territories of the South Baltic. Arguments are given to explain a number of gaps and omissions in the medieval primary sources, telling about the Danish campaign to the island of Rügen in 1168.

Keywords: Arkona, Rügen, Rani, Svetovit, Valdemar I the Great, Tetzlav, Jaromar, Danish campaign of 1168, paganism, Christianity, Baltic Slavs.

Введение

В статье, на основе ряда средневековых источников, а также современных историографических материалов, рассматривается вопрос падения теократического правления на острове Рюген в 1168 году, в результате похода датского войска под руководством короля Вальдемара I и епископа Абсалона Роскильде. Особое внимание уделено вопросу возможного предварительного тайного сговора рюгенских князей Тетислава и Яромара с королём Вальдемаром, с целью беспрепятственного захвата датским войском храма Аркона, уничтожения жреческого сословия и крещения населения острова, последующего укрепления княжеской власти.

Исследуемые события основываются на сведениях трёх основных первоисточников. Основным из них, наиболее подробно (хотя в определённой степени и предвзято) рассказывающих о событиях 1168 года на Рюгене, является хроника «Деяния данов» [14], [15], написанная датским священником Саксоном Грамматиком в конце XII–начале XIII века. Другим ценным средневековым источником информации, стала «Хроника» августинского монаха Гельмольда из Боссау, также предающая сведения о христианизации Рюгена [1, С. 278–280]. Эти источники в ряде аспектов пересекаются с третьим основным источником об этих событиях – «Кнютлинг-сагой» [6, С. 141–143], сборником эпических сказаний о датских конунгах X–XIII вв., также дающим некоторую информацию, частично подтверждающую первые два источника. На этих трёх трудах основывается источниковедческая база данной статьи.

Версия о тайном сговоре князей Рюгена уже неоднократно выдвигалась в западной историографии, однако, детального анализа данной темы не проводилось.

Й.Э. Олесен, в своём исследовании вопроса стратегии Датского королевства, в ходе расширения его влияния на восточное побережье Балтийского моря, выдвинул предположение о том, что рюгенские князья Тетислав и Яромар, чтобы сохранить и упрочнить свою власть, а также устранить от неё островное жречество, равно как и исключить возможность притязаний на власть над Рюгеном поморских князей Казимира, Богуслава и герцога Генриха Саксонского Льва, признали сюзеренитет датского короля [21].

Р. Зарофф [26] рассматривает этот вопрос подробнее, также считая основной причиной конфликта борьбу за власть и влияние на острове, отводя при этом рюгенским князьям роль только предводителей дружины и флота, желавшим сосредоточить в своих руках всю власть [29].

Л.П. Слупецкий, в своей работе, посвящённой храмам и святыням западных славян, коснулся рассматриваемой проблемы более детально, выдвинув предположение, что идея принятия христианства из Дании возникла у ранских князей в ходе речи епископа Абсалона на одном из народных собраний руян. По мнению Л.П. Слупецкого, князья Тетислав и Яромар надеялись, воспользовавшись датско-саксонским соперничеством, избежать вассалитета как от одних, так и от других, при этом получив полную власть на острове. В 1166 году они отказались от датского сюзеренитета, но, их союзник-герцог Генрих Саксонский Лев, их не поддержал, и они оказались в положении прямой конфронтации к Датскому королевству при полном отсутствии помощи извне [22, С. 195], [26].

Автор статьи выдвигает гипотезу о тайном соглашении князей острова Рюген с датским королём Вальдемаром I Великим. Целью этого договора должно было стать отстранение от власти на Рюгене и вероятно, уничтожение сословия жрецов бога Свентовита, занимавших главенствующее по отношению к князьям, племенной знати и народному собранию положение в вопросах управления этим островным протогосударством.

Основные результаты

Первым и одним из основных пунктов данного договора должно было стать нападение, захват и уничтожение храма-крепости Аркона, в период наибольшей политической активности в XI-XII вв.-одного из основных и последних крупных культовых центров язычества в Балтийском регионе. Можно предположить, что по замыслу епископа Абсалона Роскильде, датского короля Вальдемара I Великого и рюгенских князей Тетислава и Яромара, участвовавших в заговоре, светская знать Руяна-Рюгена, со своими дружинами не должна была оказывать сопротивления высадившемуся на острове датскому войску, позволив ему захватить храм-крепость, с находящейся в нём статуей бога Свентовита и священными реликвиями руян-ранов (в том числе, боевым знаменем-*Станицей*, которому рюгенцы придавали особое сакральное значение) [11]. Захватив центральное святилище Свентовита и устранив от власти его верховного жреца, датчане, при полном бездействии князей и светской знати Рюгена, затем захватят второстепенные святилища острова и, не встречая сопротивления дружин рюгенской знати, приступят к христианизации населения.

К середине XII века Рюген остался единственной территорией этого региона (помимо территорий племён балтов, эстов, финнов) не только не принявшей христианство, но и относившейся к нему абсолютно враждебно [1, С. 281]. Храм Аркона, располагавшийся на полуострове Виттов, остался последним крупным языческим святилищем имевшем межрегиональное значение (за исключением, возможно лишь балтских святилищ, таких как например, в Роммове [2, С. 55-56]) [1].

Социально-политическую систему рюгенского общества можно было охарактеризовать как теократию, включавшую в себя четыре основные составляющие:

- жречество, имевшее высшую политическую власть на острове;
- князей, руководивших действиями рюгенских дружин и флота, возможно, осуществлявших судебные функции, но, занимавших положение рангом ниже жреческого сословия;
- племенную знать, часть из которых сосредоточила в своих руках значительные богатства, имела свои замки и дружины, но, тем не менее, подчинялась князьям и жреческому сословию;
- народное собрание-вече (хотя, например, Р. Зарофф не придаёт ключевого значения племенному собранию, считая, что в описываемый период им уже искусно манипулировали жрецы и местная знать [26]).

Такое положение должно было рано или поздно привести к борьбе за главенствующую роль в ранском обществе. Информация о значительном укреплении статуса светской аристократии у соседних народов, принявших христианство и поддерживаемых им, не могла не доходить до светской знати Рюгена, возглавляемой князьями Тетиславом и Яромаром. Племенная знать Рюгена, понимавшая, что новая идеология изначально была лояльна идее единой власти, должна была оценить все политические плюсы крещения, дававшего им в руки мощное идеологическое оружие для централизации и укрепления своего влияния в вопросах управления населением острова [26]. Лидирующее положение жреческой касты на острове не могло не вызывать недовольство в среде местной аристократии, накопившей немалые богатства и имевшей в своём управлении дружины воинов, но вынужденной подчиняться воле священнослужителей Свентовита, основывавшейся на толковании предсказателем результатов гаданий. По мере укрепления княжеской власти и поддерживающей её местной аристократии, складывающаяся ситуация, рано или поздно должна была привести к столкновению интересов между духовной и светской элитами Руяна-Рюгена.

Таким образом, стечение ряда внутрисполитических, религиозных, экономических и геополитических факторов стали причиной состоявшегося в конце мая-начале июня 1168 года похода объединённого датско-поморянско-ободритско-саксонского войска на остров Рюген [1, С. 278, 280], [6, С. 145-146], [9, С. 253], [15, С. 397, 400].

Захват власти над островом Рюген стал заключительной частью масштабной экспансии западного христианского мира в земли балтийских славян. На данном этапе, оно состояло из продвижения Датского королевства на восток, с целью установления контроля над славянскими прибрежными городами южного побережья Балтийского моря [21]. Вторым направлением экспансии было продвижение герцога Саксонии Генриха Льва, претендовавшего на переход под свою власть территорий славянских племенных союзов ободритов и лютичей [18, С. 195], [21]. Третье направление агрессии возглавляла династия Асканиев (маркграф Бранденбургский Альбрехт Медведь) и Веттинов (Оттон II Богатый), претендовавшие на земли лютичей, сорбов, поморян [19, С. 368].

К внешнему давлению на славянские племена, примешивались и постоянные внутрисполитические споры. В данном случае это были междоусобицы между рюгенскими князьями-Тетиславом и Яромаром, против герцогов Поморья-Казимира и Богуслава, претендовавшими на власть над Рюгеном [22, С. 26], [24]. В свою очередь, князья Рюгена-Руяна управляли материковыми территориями в землях поморян в районах Барт и Трибзее [26].

Пришедший к власти в 1157 году датский король Вальдемар I, в своей борьбе с княжеством Рюген перенимал славянскую тактику частых пиратских набегов, основной особенностью которых была неожиданность и скоротечность. Она оказалась достаточно успешной, поскольку рюгенские князья, в результате многочисленных нападений на остров датского флота, вынуждены были, в конце концов, признать себя вассалами Вальдемара [21]. Непосредственной же

причиной похода стал отказ рюан от своих вассальных обязательств по отношению к королю Вальдемару, во время его похода в Норвегию в 1167-1168 гг.

По сведениям Саксона, узнав о готовящемся походе 1168 года, рюане послали к данам некоего «...одного очень хитрого и красноречивого человека, который своей искусной и изысканной лестью должен был заставить Вальдемара отказаться от своего намерения» [15, С. 170]. При этом, по тексту, человек этот прибыл не в составе посольства, а в одиночку.

Р. Зарофф выдвинул версию, что этим человеком мог быть представитель местной знати Домбор, до этого неоднократно отправлявшийся рюгенцами в качестве посла к датчанам. По его мнению, Домбор мог быть послан на переговоры с епископом Абсаломом с целью расположить и не раздражать священника, поскольку участие в переговорах с католическим епископом языческого жреца, в качестве посла, изначально ставило под вопрос возможность соглашения [29]. Трактовка Зароффа вызывает сомнение, поскольку в ходе предыдущих переговоров 1160 года, по свидетельству Саксона, Домбор уже разговаривал с Абсаломом, ведя себя насмешливо и высокомерно, чем смутил и разгневал последнего [15, С. 163], поэтому отношения их не могли быть доброжелательными.

Примечателен факт, что при описании Саксоном военных действий и процесса сдачи острова данам в 1168 году, переговоры с датчанами ведутся без малейшего упоминания участия представителей религиозной элиты (как например, переговоры ранов с ободритским князем Генрихом Любекским о выкупе с острова Рюген за убийство его сына в 1123 году). Если даже предположить, что жрецы Свентовита могли погибнуть в ходе последующего штурма Арконы в июне 1168 года (что вполне вероятно), то оставались в живых ещё жрецы святилищ других богов, также игравшие немаловажную роль в жизни острова. Однако никаких сведений об их действиях, как и о последующей их участи нет. Игнорирование в переговорах мнения представителей духовной элиты и в первую очередь, жреца бога Свентовита, о котором писалось, что «... его власть выше, чем власть короля ранов» [1, С. 278–280], также подтверждает версию о том, что на последнем этапе языческой истории Рюгена жрецов постарались отстранить от принятия внешнеполитических решений и вести переговоры втайне от них (возможно, физически их уничтожив).

Исходя из сказанного, можно сделать осторожное предположение, что этот «очень хитрый и красноречивый человек» (которым мог быть и упомянутый Домбор) являлся посланцем князей Тетислава и Яромара, прибывшим для координации совместных (со стороны датчан – явных, со стороны светской элиты ранов – тайных) действий по сдаче острова данам.

Аргументом этого предположения могут служить строки Саксона о том, что, Вальдемар, высадившись на острове и «напав на Ругию сразу в нескольких местах... хотя и захватил всюду добычу, так нигде и не смог завязать с противником бой, и поэтому, охваченный огромным желанием наконец-то пролить [вражескую] кровь, он решил осадить Аркону» [15, С. 212]. Т.е., войско данов совершило не кратковременный набег, а масштабное нападение на остров с нескольких направлений, в ходе которого, по непонятным причинам, войско ранов, славившееся своей храбростью и свирепостью, проявляет полную пассивность, избегая каких-либо столкновений с датчанами.

При этом, как справедливо заметил Р. Зарофф, датский король в борьбе со славянами применил их же тактику частых набегов с разорением земель и захватом (а при невозможности-уничтожением) урожая, при этом не ввязываясь в долгосрочные осады хорошо укрепленных вендских городов. Особенно хорошо это иллюстрируется как в ходе датско-рюгенских войн 1159-1166 гг., так и в ходе последующей экспансии датчан в поморские земли в 1170-1180 гг. [24], [29]. Однако, в ходе экспансии на Рюген, её характер был совершенно иным. Основной целью нападения была Аркона, как центр политической и сакральной власти острова, а также прибежище верховного жреца бога Свентовита-основного противника ранских князей в борьбе за власть [26].

19 мая 1168 года [22, С. 26], датское войско высадилось в нескольких местах побережья острова Рюген, согласно ранее избранной тактике, разоряя окрестности, а затем двинулось к полуострову Виттов, окружив и блокировав крепость Аркона со всех сторон. Для нас, в данном эпизоде интересен момент, описываемый Саксоном: «14.39.12. Итак, чтобы как можно быстрее начать осаду, он [король Вальдемар I-П.И.В.] приказал своему войску, не обращая внимания на все труды и тяготы, доставить из близлежащих лесов огромное количество деревьев для изготовления военных орудий. 14.39.13. И когда плотники начали работать над ними, король заявил, что они напрасно тратят свои силы, так как город будет взят быстрее, чем они ожидают... Как сказал король, он знает об этом вовсе не потому, что ему было видение во сне или он стал свидетелем какого-то случайного знамения. Его мнение основано исключительно на проницательности разума и умении видеть будущее. [Впрочем, тогда] это предсказание вызвало у всех скорее удивление, чем доверие» [15, С. 216]. Т.е. король знал заранее, что остров будет сдан ему князьями и знатью, а слова свои обосновал «геомантией» (даром предвидения).

Описание штурма крепости не входит в задачи данной статьи. Можно лишь сказать, что пожар основной надвортной башни, в ходе которого сгорела сама башня со священными реликвиями рюгов (в том числе-со священным знаменем *Станицей*) и части стен, начался от поджога её датчанами. По всей видимости, произошёл обусловленный естественными причинами провал почвы под башней, обнаживший сухое, не обмазанное глиной деревянное основание, которое удалось поджечь [15, С. 218, [22, С. 30]. Объединённое войско двинулось на штурм образовавшегося на месте сгоревшей башни и прилегающих стен пролома, но, по всей видимости, далее его пройти в крепость не смогло [15, С. 219-220].

Оставшиеся в живых защитники крепости, видя бессмысленность сопротивления, выслали посланца к епископу Абсалону с предложением о перемирии. Абсалон первым условием прекращения боя поставил перед жителями тушение пожара, что вызывает недоумение, поскольку датчан, на первый взгляд, в первую очередь должно было интересоваться уничтожение крепости. Однако, это выглядит вполне логично, если епископ знал, что остров будет сдан, а данам нужен не просто захват и разрушение крепости, а превращение её в христианский культовый центр, что было бы настоящей идеологической победой [15, С. 220].

Учитывая, какие условия мира были выдвинуты позднее датчанами, можно предположить, что жрецы храма Свентовита погибли именно в этом бою.

По указанию короля Вальдемара атака объединённого войска на крепость была прекращена, а гарнизон крепости, прекратив сопротивление, начал тушить пожар. Далее, король выдвинул условия мира со стороны данов: уничтожение идола Свентовита; выдача всех сокровищ Арконы; освобождение всех христианских пленных; переход защитников крепости в христианство, с дальнейшим соблюдением всех христианских религиозных обрядов. Помимо этого, все земли и поместья храма Аркона отходили к вновь образуемой Рюгенской епархии; руяне обязывались по призыву короля Дании участвовать в его военных походах; с каждой упряжки быков, жители острова должны были предоставить заложника, а также платить по 40 серебряных монет (вероятно – пфеннигов) ежегодно [15, С. 220].

При этом необходимо иметь в виду, что по тексту хроники, объединённое войско всё же не смогло продвинуться далее пролома в стене или покинуло его после прекращения боя, что могло быть одним из условий перемирия. Абсалон, в ходе спора со своими соратниками после остановки штурма, высказал мнение: «... что этот город можно взять, но лишь после долгой осады ...» и «... огонь... почти полностью превратил в пепел сделанную из дерева и земли верхнюю часть стены, её нижнюю и наиболее прочную часть пожар не затронул, а поскольку она достаточно высока, врагу будет очень непросто преодолеть её. К тому же почти все пострадавшие от пожара места защитники крепости уже заделали глиной, ведь пламя не только уменьшает их силы, но и служит им защитой, поскольку в своей беспощадности оно, как кажется, создаёт нам помехи для приступа ничуть не меньше, чем им для защиты своего города. Кроме того, если отказать жителям Арконы в возможности сохранить свои жизни, прочие города ругиян будут сопротивляться нам тем упорнее, чем меньше у них будет надежды на спасение, самой нуждой побуждаемые к тому, чтобы вести себя доблестно. Если же они узнают, что Аркона перешла под [наше] покровительство, они легко последуют его примеру, ища способ спастись» [15, С. 221].

Выше процитированные фрагменты также говорят в пользу версии о тайном соглашении данов со светской знатью Рюгена, желавших сохранить невредимой инфраструктуру острова, который должен был перейти под власть датской короны. Позволив же подвергнуть храм грабежу, датские предводители настраивали против себя население острова, порождая всеобщее сопротивление руян и рискуя проиграть войну. В «Саге о Кнютлингах» упоминается, что после сдачи крепости, в Арконы было крещено 1300 человек [6, С. 146]. Учитывая, что крестили далеко не всех, а только добровольцев, можно предположить, что гарнизон и население крепости составлял не менее 2000-3000 человек, что являлось в те времена весьма значительной военной силой[2].

Также важен тот факт, что, не разрушая священное место, а только свалив идола Свентовита, т.е. изменив статус этого священного места, Абсалон не нарушил неписанных языческих законов «легитимной» смены богов: «старые боги», в силу своей слабости ушли, уступив место более молодому и сильному «новому богу», но, при этом, ни население, ни его имущество, ни сами священные места ранов не пострадали [26]. О том, что завоеватели были заинтересованы, чтобы этот процесс прошёл без эксцессов, которые могут усложнить процесс перехода [духовной] власти от прежних богов к новому, свидетельствует то, что «... когда занавеси, которые закрывали [внутреннее] святилище, были сорваны, слуг, которым было поручено срубить истукана, начали настойчиво уговаривать, чтобы они вели себя как можно более внимательно, всячески остерегаясь падения столь огромного исполина. Это сделано было для того, чтобы никого не придавило этой тяжестью и, таким образом, ни у кого не было бы повода говорить о каре разгневанного божества ... После этого наши точно так же сожгли и само святилище, а на его месте построили базилику, для строительства которой было употреблено дерево, заготовленное для сооружения военных орудий, обратив средства ведения войны на строительство мирной обители» [15, С. 223–224].

В пользу версии о тайном соглашении косвенно свидетельствует и бунт рядовых датских воинов, которым запретили грабить Аркону и другие города ранов после их сдачи. Не зная о стратегических планах короля и Абсалона, они хотели поступить в духе общепринятых правил войны: сдавшийся город должен быть разграблен, тем более, если он являлся богатой островной сокровищницей [15, С. 224].

Против этой версии говорит эпизод со знатым славянином Гранзой, вызвавшимся доставить весть о падении Арконы и уговорить защитников центральной крепости ранов-Каренцы (Кореницы) сдаться. Кроме того, упоминается, что он входил в состав подкрепления, присланного на защиту Арконы [15, С.222], [22, С. 31]. Однако мы не знаем состава подкрепления; его численности; был ли Гранза доверенным лицом князей Тетислава и Яромара или оказался в Арконе случайно. Возможно, его желание мира просто совпало с планами Абсалона. Нельзя также исключать возможности того, что Саксон, зная все аспекты данного сговора, тем не менее, не описывал-в силу определённых причин-все известные ему факты (причины этого будут ещё рассмотрены ниже). По мнению Л.П. Слупецкого, Гранза не был в крепости, а подошёл к месту осады с отрядом от имени рюгенских князей, обозначил какую-то военную активность (возможно, вступив в кратковременный бой с данами), но, реальной помощи крепости не оказал, затем предложив свои услуги, как посредник в переговорах между епископом Абсалоном и ранскими князьями [22, С. 31].

Через два дня после окончания штурма, Абсалон с передовым отрядом из 30 кораблей выдвинулся к обусловленному месту встречи, где его уже встречал «... Гранза, и что вместе с ним сюда прибыли король Тетислав, его брат Яримар и все самые знатные вельможи Ругии» [15, С.224]. Далее, епископ направился в Каренцу-центр княжеской власти Рюгена. Опять-таки, о жрецах не упоминается ни слова.

Примечательно, что Абсалон прибыл в Каренцу в сопровождении лишь одного князя Яромара и свиты из 30 воинов, большую часть которых он позднее отправил обратно. При этом, князя Тетислава с другими знатыми ранами он оставил в лагере данов, вероятно, как заложников. Епископ весьма уверенно ведёт себя в самой крепости Каренце, хотя его встречала княжеская дружина и островное ополчение (не менее 6000 человек), не считая остального населения крепости. В ходе осады Арконы-духовного символа Рюгена и одного из наиболее почитаемых религиозных центров Балтийского моря, они абсолютно бездействовали, находясь в это время в княжеской крепости, хорошо укреплённой, готовой к осаде, находившейся в стратегически выгодном месте (посередине труднодоступной болотистой местности) [15, С.225].

Кроме того, необходимо учитывать такой аспект, как численность датского войска. Общая численность всех войск (т.е.-собранных со всей территории Дании), в тот период времени предполагается учёными в 26000–28000 человек, при 860 кораблях. По указу короля Вальдемара в поход могло отправиться не более 6000–7000 воинов на 215 кораблях (но,

и эта цифра может быть меньше, поскольку часть призванных королём на службу воинов и кораблей оставалась дома для защиты берегов от пиратов). То есть, простейший подсчёт позволяет выявить, что войско атакующих данов было меньше, или равным по численности всему островному войску оборонявшихся руян [15, С. 402].

Маловероятно, чтобы опытные полководцы Вальдемар и Абсалон могли двинуться в поход, изначально не имея ни численного, ни тактического, ни технического преимущества. Зато на этот шаг можно пойти, будучи уверенным, что сопротивление будет минимальным, а основные силы ранов (подчинённые князьям и местной светской знати) вообще его не окажут.

Из рассказа Саксона можно сделать вывод о том, что епископ Абсалон прибыл принимать сдачу рюгенского войска всего с несколькими сопровождающими, будучи уверенным, что никакого сопротивления оказано не будет, а состоится лишь формальное действие, итог которого был предreshён заранее. Хронист пишет, что сопровождающие Абсалона люди были поражены тем, что им оказывались едва ли не царские почести [15, С.225].

Аргумент о том, что падение Арконы полностью деморализовало рюгенцев, всех этих несоответствий не объясняет. В 1136 году, после сдачи Арконы, датский король Эрик II также принудив защитников крепости к сдаче, не смог продвинуться вглубь острова, уплыв с него сразу после формального согласия руян креститься. После его отплытия жители острова вновь вернулись к поклонению языческим богам.

Помимо этого, объяснения Саксона о неудобстве расположения крепости Кореницы-Каренцы и возможных больших потерях среди жителей в случае обстрела из осадных орудий, также вызывает сомнения. Из его же рассказа следует, что крепость, относившаяся вероятнее всего к типу «народных замков», использовавшихся как убежище для населения лишь в случае военной угрозы [19, С. 189–207], как это нередко было принято у балтийских славян, находилась в труднодоступном месте (в данном случае-среди болотистой местности). Тропа проходила по «...самой глубокой трясине» [15, С. 225], как минимум, затрудняющей установку осадной метательной техники на расстоянии, достаточном для обстрела города.

Согласно описанию Саксона, во время въезда в Каренцу епископа Абсалона, гарнизон крепости из 6000 человек выстроился 2-мя шеренгами друг против друга, вдоль единственной тропы, ведущей в город по заболоченной местности. Взяв минимальную ширину плеч мужчины в 50 см и умножив её на 3000 воинов с каждой стороны тропы (при условии, что они стояли плечом к плечу), получается, что тропа, ведущая к Каренце, была длиной около 1500 метров. Если даже со всеми мыслимыми допущениями (фантазия автора, извилистость тропы, складки местности и т.д.) уменьшить это число в 3 раза, то всё равно, мы получаем расстояние в 500 метров. Эта дистанция для стрельбы из средневековых метательных орудий этого периода была непомерной: максимальная дальность выстрела 50-80-сантиметровым дротиком из осадной аркбаллисты («большого арбалета») составляла 150–300 метров; выпущенный из осадной баллисты типа «онагр» камень весом в 5-10 кг, летел на расстояние, предположительно – до 250 метров (хотя реальная дистанция прицельного применения не превышала 130-150 метров) [17]. Таким образом, можно сделать вывод, что угроза применения осадных орудий против жителей Каренцы была, как минимум, маловероятна.

Войдя в крепость, епископ Абсалон, несмотря на просьбы жителей пощадить идолов, повелел им, во избежание пожара, вывончить статуи богов Руевита, Поревита и Поренута из города и сжечь их. В этот же день им были освящены три кладбища (по всей вероятности-погребальные поля, расположенные близ Каренцы-Кореницы). При этом нет упоминаний о каком-либо сопротивлении жителей Кореницы иноземцам, уничтожавшим их святыни. В последующие дни, в городе были заложены 12 церквей [1, С. 278–279] и крещено 900 человек [6, С. 146].

Вероятно, как это было нередко распространено в средневековье, церкви строились на местах языческих святилищ. Подтверждением этого могут служить опоры северных ворот одной из старейших рюгенских церквей в селении Свантов. Археологические исследования доказали, что гранитные блоки, на которых установлены эти опоры, были основой древнего, возможно, ещё дославянского жертвенного алтаря [8, С. 51].

Другим отголоском смены власти в 1168 году на Рюгене стали вмурованные в стены церквей камни с антропоморфными изображениями. На сегодняшний день их сохранилось два:

- «Менхштайн» (Монаший камень), барельеф, вертикально вмурованный в стену церкви Мариенкирхе в г. Берген, изображает человека, в длиннополой одежде, с капюшоном (или в головном уборе), с крестом в руках (выбитом поверх изображения рога, сбитого с барельефа);

- «Свантевитштайн» (Камень Свантевита), барельеф, горизонтально – на высоте 1 метра, вмурованный в левый придел церкви деревни Альтенкирхен на полуострове Виттов. Барельеф изображает бородатого мужчину, также одетого в длиннополую одежду с сосудом в виде рога в руках [8, С. 54].

По мнению филолога Ю.В. Ивановой-Бучатской, оба барельефа являются изображениями жреца Свентовита, вмурованными в стены церквей в XIV–XV веках [8, С. 55]. Филолог Н.А. Ганина, в противоположность предыдущему мнению, на основании новых исследований немецких учёных, интерпретирует их как изображения рюгенских князей, выбитые в переходную эпоху (конец XII–начало XIII вв.) [5]. По нашему мнению, более точным является второе мнение, поскольку при смене власти, князья Руяна нуждались в дополнительных материальных символах, утверждавших их власть. Это подтверждается и отчеканенными в период 1190–1200 гг. рюгенским князем Яромаром I монеты с надписью «+ IGAROMA REX + RWIANORVM» («+Ярома[r] король+ руян»), который с 1181 года, упоминается как единоличный князь Рюгена [13].

По всей вероятности, именно при Яромаре христианство стало утверждаться на Рюгене особо ревностно. По мнению Ивановой-Бучатской, во второй–третьей четверти XII века, т.е.-при князе Тетиславе, языческие обряды были в ходу у местного населения ещё повсеместно. С приходом к власти его брата «Князем же у руян был в это время благородный муж Яромир, который, услышав о почитании истинного Бога и о католической религии, с охотой принял крещение, приказывая всем своим также обновиться с ним через святое крещение. Став христианином, он был столь же стойким в вере, сколь твердым в проповеди, так что [в нем] можно было видеть второго, призванного Христом, Павла. Выполняя дело апостола, он привлек этот дикий и со звериной яростью свирепствующий народ к обращению в новую религию отчасти ревностной проповедью, отчасти же угрозами, будучи от природы жестоким» [1, С. 279].

Заключительным этапом завоевания, стала передача князьями Рюгена казны Свентовита королю данов, перед его отплытием с острова. При этом примечателен факт, что передача произошла на побережье Рюгена, ближайшего к материку. Поскольку казна составляла «семь одинаково огромных сундуков» [15, С. 228], возникает закономерный вопрос: если сокровища Свентовита хранились в храме Аркона, то почему даны их оттуда не изъяли и зачем понадобилось везти их через весь остров к противоположному берегу? Не потому ли, что к этому времени все жрецы Свентовита были уже уничтожены, а князья Рюгена стали единственными обладателями храмовой казны, изъяв её из святилища? Возможно, передача сокровищ была ещё одним условием соглашения ранских князей с Вальдемаром, своего рода гарантией, которую выполнили, лишь убедившись, что датчане немедленно готовы к отплытию.

Приведённые выше предположения вполне укладываются в рамки версии о том, что князь Тетислав и его брат Яромар, поддерживаемые высшей светской знатью Рюгена, вначале тайно, а затем и явно содействовали уничтожению теократической системы управления островом во главе со жреческой кастой. Вовремя оценив преимущества нового положения единственных правителей острова в качестве вассалов датской короны, они не оказали помощь защитникам Арконы при отражении датского вторжения, своей пассивностью содействовав падению в начале крепости, а затем и всего теократического строя, уничтожению жреческого сословия и в целом язычества на Рюгене.

Зададимся вопросом: что мешало руянам в очередной раз отказаться от чужой им религии, после ухода датчан с острова? Ведь на Рюгене не осталось датского гарнизона (за исключением нескольких христианских священников), а войско руян, по-прежнему было вооружено и организовано; остров не подвергся тотальному разграблению и основные источники его благосостояния сохранились. Это является ещё одним аргументом того, что на Руяне представители жреческого сословия были уничтожены (все, или большинство их), а заменила их новая политическая сила (княжеский род и поддерживающие его рюгенские *nobilis*), заинтересованные в продвижении христианства, как новой идеологической основы своей власти [26].

Доказательством этого также может служить последующее за 1168 годом развитие событий в истории Рюгена. С 1181 года, князь Яромар-единоличный правитель острова, лишь номинально подчиняющийся датскому королю. Он и его потомки участвуют в походах на континенте, вступают в браки с представителями королевских и герцогских родов Польши, Померании, Саксонии, Дании, т.е. выступают равноправными членами в среде североевропейской знати [20], [26]. Рюгенская династия Виславилов, уничтожив рюгенскую теократию и упразднив народное собрание, в течение 157 лет практически единолично оставалась у власти, прервавшись лишь в 1325 году в связи с гибелью последнего князя Рюгена Витислава (Вислава) III.

И наконец, последний вопрос, который нуждается в пояснении: почему Саксон Грамматик, бывший доверенным лицом епископа Абсалона и, весьма возможно, участвовавшим в походе на Рюген, ничего не упоминает ни о каком сговоре между датским королём и рюгенскими князьями. В рамках вышесказанного можно выдвинуть следующую версию.

Написание «Деяний данов» — одна из первых попыток создания легитимной истории датской королевской династии, с описанием положительной для Дании роли епископа Абсалона Роскильдского (написанная, по всей вероятности, по указанию его самого). Пересказанная в хронике победа в открытом бою, с последующим крещением самого непокорного языческого племени славян, является свидетельством не только силы и авторитета датского короля, но и его правоты, освящённой новым богом.

Хитросплетения же тайного сговора выставляли победу над ранами и их последующую христианизацию в совсем неприглядном свете, бросая тень, как на воинскую доблесть, так и на неукоснительное соблюдение христианских канонов. Тайный сговор с язычниками прямо противоречил одному из принципов «справедливой войны», звучащему как *intentio recta* (прямое намерение), сформулированному христианскими теологами на основе взглядов св. Августина. Принцип гласил, что справедливая война не может содержать скрытых мотивов, а открытые военные действия — единственный способ достижения оправдываемой цели [18, С. 9].

Таким образом, Саксон Грамматик, возможно даже зная обо всех тайных рычагах процесса захвата Рюгена, открыто написать об этом не мог (дабы не бросить тень на датского короля и на своего покровителя-епископа Абсалона). Но, многие факты, косвенно проливающие свет на этот процесс ему замолчать не удалось, иначе его рассказ о походе на Рюген имел бы ещё более многочисленные пробелы и противоречия.

Заключение

Остров Рюген, расположенный в Балтийском море, в силу ряда географических, экономических и исторических причин, в период X–XII веков занимал одно из ключевых положений в Балтийском регионе. Его выгодное географическое положение, активная торгово-экономическая деятельность и богатство, а также агрессивная наступательная военная политика, привели к тому, что датским королем Вальдемаром I Великим, руководившим объединённым датско-ободритско-саксонско-поморским войском, летом 1168 года был предпринят масштабный военный поход на это островное княжество. Одной из основных целей похода был захват и уничтожение последнего из наиболее почитаемых славянских языческих святилищ в балтийском регионе — храма Аркона, с последующей христианизацией населения острова.

Автором статьи выдвинута версия о том, что для успешного выполнения этой задачи, князья Рюгена братья Тетислав и Яромир заключили тайный договор с датским королём. По этому соглашению, они, с подчинённой им светской знатью, их дружинами и островным ополчением, не должны были препятствовать датскому войску при штурме Арконы, позволив уничтожить святилище Свентовита, а затем сдавшись данам, самим принять крещение и содействовать христианизации остального населения острова.

В контексте этой версии автор делает попытку анализа событий датского похода на Рюген в 1168 году, закончившегося уничтожением славянского храма-крепости Аркона и всех языческих святилищ ранов, христианизацией населения острова, сменой социально-политического устройства Рюгена-Руяна с теократии на княжеское правление, сохранившееся до 1325 года, а также признание ранскими князьями статуса вассалов датского короля (сохранившегося до 1324 года).

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ганина Н.А. Аркона, Каренца, Ругард, Ральсвик: о статусе и соотношении рюгенских центров власти / Н.А. Ганина // Ранние государства Европы и Азии: проблемы политогенеза. – Москва : ИВИ РАН, 2011. – С. 35-40.
2. Адам Бременский, Гельмгольд из Боссау, Арнольд Любекский. Славянские хроники / Пер. с лат. И.В. Дьяконова, Л.В. Разумовской, ред.-сост. И.А. Настенко. – Москва : Русская панорама, 2011. – 584 с.
3. Гальцов В.И. Восточная Пруссия: с древнейших времён до конца второй мировой войны / В.И. Гальцов, В.С. Исупов, В.И. Кулаков и др. – Калининград : Книжное издательство, 1996. – 537 с.
4. Иванова-Бучатская Ю.В. Plattes Land: Символы Северной Германии (славяно – германский этнокультурный синтез в междуречье Эльбы и Одера) / Ю.В. Иванова-Бучатская. – Санкт-Петербург : Наука, 2006. – 226 с.
5. Лебедев И.А. Последняя борьба балтийских славян против онемечения / И.А. Лебедев. – Москва : Катков и К°, 1876. – 307 с.
6. Пауль А. Балтийские славяне. От Рёрика до Старигарда / А. Пауль. – Москва : Книжный мир, 2016. – 544 с.
7. Сага о Кнютлингах / Пер. с древнеисл. Т.Н. Джаксон. – Санкт-Петербург : Изд-во Олега Абышко, 2021. – 512 с.
8. Славяне и скандинавы / Под общ. ред. Е.А. Мельниковой. – Москва : Прогресс, 1986. – 416 с.
9. Грамматик С. Деяния данов. В 2 т. / С. Грамматик. – Москва : Русская панорама, 2017. – Т. 1. – 608 с.
10. Грамматик С. Деяния данов. В 2 т. / С. Грамматик. – Москва : Русская панорама, 2017. – Т. 2. – 616 с.
11. Ганина Н.А. Тайны рюгенских славян / Н.А. Ганина // Studia Slavica et Balcanica Petropolitana. – Санкт-Петербургский государственный университет, 2015. – № 2. – С. 65-81.
12. Рыбалка А.А. Ярема Рекс / А.А. Рыбалка // Славяноведение. – Москва : Институт славяноведения РАН. – 2015. – № 4. – С. 71-82.
13. Уваров Д. Западноевропейские средневековые метательные машины / Д. Уваров // Воин. – Самара, 2002. – № 10. – С. 6-17.
14. Ганина Н.А. Аркона, Каренца, Ругард, Ральсвик: о статусе и соотношении рюгенских центров власти / Н.А. Ганина // Ранние государства Европы и Азии: проблемы политогенеза: XXIII чтения памяти В.Т. Пашуто. – Москва : ИВИ РАН, 2011. – С.35-40.
15. Ганина Н.А. Судьба Святовита: реликты и трансформация индоевропейского мифа на Рюгене / Ганина Н.А. // Восточная Европа в древности и средневековье. Язычество и монотеизм в условиях политогенеза: XXVI Чтения памяти члена-корреспондента АН СССР В.Т. Пашуто. – Москва : Институт всеобщей истории РАН, 2014. – С. 54–59.
16. Джаксон Т.Н. Южное пограничье Дании X-XII вв. в представлении автора «Саги о Кнютлингах» / Т.Н. Джаксон // Восточная Европа в древности и средневековье. Государственная территория как фактор политогенеза: XXVII чтения памяти члена-корреспондента АН СССР В.Т. Пашуто. – Москва : Институт всеобщей истории РАН, 2015. – С. 85–91.
17. Прохвятилов И.В. Сакральность острова Рюген у балтийских славян / И.В. Прохвятилов // Наука на благо человечества 2020: материалы международной научной онлайн-конференции молодых учёных. – Москва, 2020. – С. 41-53.
18. Прохвятилов И.В. Южно-балтийский торговый путь и его значение в морской торговле полабских славян / И.В. Прохвятилов // Вопросы отечественной и зарубежной истории, политологии, социологии, образования: материалы международной конференции «Чтения Ушинского» исторического факультета. – Ярославль : РИО ЯГПУ, 2020. – С. 14-25.
19. Fonnesberg-Schmidt I. The popes and the Baltic Crusades, 1147-1254. / I. Fonnesberg-Schmidt. – Leiden. – Boston, 2007. – 304 p.
20. Slupecki L.P. Slavonic Pagan Sanctuaries / L.P. Slupecki. – Warszawa, 1984. – 260 p.
21. Zaroff R. Origin and evolution of the northeastern and central Polabs (Vends). Religious and political system. / R. Zaroff. – Brisbane : University of Queensland, 2000. – 272 p.
22. Hundahl K. The Implications of Rugish Involvement in the Struggle over the Succession amidst the Danish Church / Strife c.1258-1260 / K. Hundahl // Denmark and Europe in the Middle Ages, c.1000–1525. Essays in Honour of Professor Michael H. Gelting. – Ashgate, 2014. – P. 269-285.
23. Zaroff R. Perception of Christianity by the Pagan Polabian Slavs / R. Zaroff // Studia mythologica slavica. – 2001. – № 4. – P. 81-96.
24. Zaroff R. Politics and Priests in a Pagan Slavic Principality / R. Zaroff // Collegium Medievale. – 2007. – № 1. – P. 3–28.
25. Zaroff R. The Origins of Sventovit of Rugen / R. Zaroff // Studia Mythologica Slavica. – 2002. – № 5. – P. 9-18.
26. Hermann J. Slawen in Deutschland. Geschichte und Kultur slawischer Stamme westlich von Odra und Neize vom 6. bis 12. Jahrhundert / J. Hermann. – Berlin : Verlag Academy, 1985. – 637 p.
27. Schurthardt K. Arkona, Retra, Vineta. Lokale Forschung und Ausgrabung / K. Schurthardt. – Berlin : Hans Scholz & C.O.G.M.B.H. Verlag BOOKSHOP, 1926. – 103 p.
28. Olesen E.J. Danische Strategie in den wendischen Kreuzzügen / E.J. Olesen // Archaeology and History of the Baltic Sea region. – Westfalia, 2008. – P. 217-224.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ganina N.A. Arkona, Karenza, Rugard, Ral'svik: o statuse i sootnoshenii rjugenskih centrov vlasti [Arkona, Karenza, Rugard, Ralsvik: on the status and correlation of Rügen centers of power] / N.A. Ganina // Rannie gosudarstva Evropy i Azii: problemy politogeneza [Early states of Europe and Asia: problems of politogenesis]. – Moscow : IVI RAN, 2011. – P. 35-40. [in Russian]
2. Adam Bremenskij, Gel'mgol'd iz Bossau, Arnol'd Ljubekskij. Slavjanskije hroniki [Adam of Bremen, Helmold of Bossau, Arnold of Lubeck. Slavic Chronicles] / Transl. by I.V. D'jakonova, L.V. Razumovskoj, ed. and comp. by I.A. Nastenka. – Moscow : Russkaja panorama, 2011. – 584 p. [in Russian]
3. Gal'cov V.I. Vostochnaja Prussija: s drevnejshih vremjon do konca vtoroj mirovoj vojny [East Prussia: from ancient times to the end of the Second World War] / V.I. Gal'cov, V.S. Isupov, V.I. Kulakov et al. – Kaliningrad : Book Publishing House, 1996. – 537 p. [in Russian]

4. Ivanova-Buchatskaja Ju.V. Plattes Land: Simvoly Severnoj Germanii (clavjano – germanskij jetnokul'turnyj sintez v mezhdurech'e Jel'by i Odera) [Plattes Land: Symbols of Northern Germany (Slavic – German ethnocultural synthesis in the interfluvium of the Elbe and Oder)] / Ju.V. Ivanova-Buchatskaja. – St-Petersburg : Nauka, 2006. – 226 p.
5. Lebedev I.A. Poslednjaja bor'ba baltijskih slavian protiv onemechenija [The last struggle of the Baltic Slavs against Germanization] / I.A. Lebedev. – Moscow : Katkov i K°, 1876. – 307 p. [in Russian]
6. Paul' A. Baltijskie slavyane. Ot Rjorika do Starigarda [Baltic Slavs. From Rorik to Starigard] / A. Paul' A. – Moscow : Knizhnyj mir, 2016. – 544 p. [in Russian]
7. Saga o Knjutlingah [The Knutling saga] / Transl. by T.N. Dzhakson. – St. Petersburg : Oleg Abyshko Publishing House, 2021. – 512 p. [in Russian]
8. Slavjane i skandinavcy [Slavs and Scandinavians] / Ed. by E.A. Mel'nikova. – Moscow : Progress, 1986. – 416 p. [in Russian]
9. Grammatik S. Dejanija danov. V 2 t. [Saxo Grammar. Acts of the Danes. In 2 vols.] / S. Grammatik. – Moscow : Russkaja panorama, 2017. – Vol. 1. – 608 p. [in Russian]
10. Grammatik S. Dejanija danov. V 2 t. [Saxo Grammar. Acts of the Danes. In 2 vols.] / S. Grammatik. – Moscow : Russkaja panorama, 2017. – Vol. 2. – 616 p. [in Russian]
11. Ganina N.A. Tajny rjugenskih slavian [Ganina N.A. Secrets of the Rugen Slavs] / N.A. Ganina // Studia Slavica et Balcanica Petropolitana. – St. Petersburg State University, 2015. – № 2. – P. 65-81. [in Russian]
12. Rybalka A.A. Jarema Reks [Rybalka A.A. Yarema Rex] / A.A. Rybalka // Slavjanovedenie [Slavonic studies]. – Moscow : Institute of Slavic Studies of the Russian Academy of Sciences. – 2015. – № 4. – P. 71-82. [in Russian]
13. Uvarov D. Zapadnoevropejskie srednevekovye metatel'nye mashiny [Western European medieval throwing machines] / D. Uvarov // Voin [Warrior]. – Samara, 2002. – № 10. – P. 6-17. [in Russian]
14. Ganina N.A. Arkona, Karenca, Rugard, Ral'svik: o statuse i sootnoshenii rjugenskih centrov vlasti [Arkona, Karenza, Rugard, Ralsvik: on the status and correlation of Rügen centers of power] / N.A. Ganina // Rannie gosudarstva Evropy i Azii: problemy politogeneza: XXIII chtenija pamjati V.T. Pashuto [Early States of Europe and Asia: Problems of Politogenesis]: XXIII readings in memory of V.T. Pashuto. – Moscow : IVI RAN, 2011. – P.35-40. [in Russian]
15. Ganina N.A. Sud'ba Svyatovita: relikty i transformacija indoevropskogo mifa na Rjugene [The fate of Svyatovit: relics and the transformation of the Indo-European myth on Rügen] / Ganina N.A. // Vostochnaja Evropa v drevnosti i srednevekov'e. Jazychestvo i monoteizm v uslovijah politogeneza [Eastern Europe in Antiquity and the Middle Ages. Paganism and Monotheism in the conditions of Politogenesis]: XXVI Readings in Memory of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences V.T. Pashuto. – Moskva : Institut vseobshhej istorii RAN, 2014. – P. 54–59. [in Russian]
16. Dzhakson T.N. Juzhnoe pogranič'e Danii H-HII vv. v predstavlenii avtora «Sagi o Knjutlingah» [Jackson T.N. Southern borderland of Denmark X-XII centuries. in the view of the author of the «Knutling saga»] / T.N. Dzhakson // Vostochnaja Evropa v drevnosti i srednevekov'e. Gosudarstvennaja territorija kak faktor politogeneza [Eastern Europe in Antiquity and the Middle Ages. State territory as a factor of political genesis]: XXVII readings in Memory of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences V. T. Pashuto. – Moscow : Institute of General History of the Russian Academy of Sciences, 2015. – P. 85–91. [in Russian]
17. Prohvatilov I.V. Sakral'nost' ostrova Rjugen u baltijskih slavian [Sacredness of the island of Rügen among the Baltic Slavs] / I.V. Prohvatilov // Nauka na blago chelovechestva 2020 [Science for the Benefit of Humanity 2020]: materials of the international online scientific conference of young scientists. – Moscow, 2020. – P. 41-53. [in Russian]
18. Prohvatilov I.V. Juzhno-baltijskij torgovyj put' i ego znachenie v morskoy torgovle polabskih slavian [The South Baltic trade route and its significance in the maritime trade of the Polabian Slavs] / I.V. Prohvatilov // Voprosy otechestvennoj i zarubezhnoj istorii, politologii, sociologii, obrazovanija [Questions of domestic and foreign history, political science, sociology, education]: materials of the international conference «Readings of Ushinsky» of the Faculty of History. – Jaroslavl' : RIO JaGPU, 2020. – P. 14-25. [in Russian]
19. Fønnesberg-Schmidt I. The popes and the Baltic Crusades, 1147-1254. / I. Fønnesberg-Schmidt. – Leiden. – Boston, 2007. – 304 p.
20. Slupecki L.R. Slavonic Pagan Sanctuaries / L.P. Slupecki. – Warszawa, 1984. – 260 p.
21. Zaroff R. Origin and evolution of the northeastern and central Polabs (Vends). Religious and political system. / R. Zaroff. – Brisbane : University of Queensland, 2000. – 272 p.
22. Hundahl K. The Implications of Rugish Involvement in the Struggle over the Succession amidst the Danish Church / Strife c.1258-1260 / K. Hundahl // Denmark and Europe in the Middle Ages, c.1000–1525. Essays in Honour of Professor Michael H. Gelting. – Ashgate, 2014. – P. 269-285.
23. Zaroff R. Perception of Christianity by the Pagan Polabian Slavs / R. Zaroff // Studia mythologica slavica. – 2001. – № 4. – P. 81-96.
24. Zaroff R. Politics and Priests in a Pagan Slavic Principality / R. Zaroff // Collegium Medievale. – 2007. – № 1. – P. 3–28.
25. Zaroff R. The Origins of Sventovit of Rugen / R. Zaroff // Studia Mythologica Slavica. – 2002. – №. 5. – P. 9-18.
26. Hermann J. Slawen in Deutschland. Geschichte und Kultur slawischer Stämme westlich von Odra und Neize vom 6. bis 12. Jahrhundert [Slavs in Germany. History and culture of Slavic tribes west of Odra and Neize from the 6th to the 12th century] / J. Hermann. – Berlin : Verlag Academy, 1985. – 637 p. [in German]
27. Schurthardt K. Arkona, Retra, Vineta. Lokale Forschung und Ausgrabung [Arkona, Retra, Vineta. Local research and excavation] / K. Schurthardt. – Berlin : Hans Scholz & C.O.G.M.B.H. Verlag BOOKSHOP, 1926. – 103 p. [in German]
28. Olesen E.J. Danische Strategie in den wendischen Kreuzzügen [Danish strategy in the Wendish Crusades] / E.J. Olesen // Archaeology and History of the Baltic Sea region. – Westfalia, 2008. – P. 217-224. [in German]

ПЕРСПЕКТИВЫ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Обзорная статья

Таранов Д.К.^{1,*}, Федюк Р.С.²

¹ ORCID: 0000-0002-9902-7275;

² ORCID: 0000-0002-2279-1240;

¹⁻² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

* Корреспондирующий автор (daniil5879[at]mail.ru)

Аннотация

Президентом РФ 7 мая 2018 года был подписан Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», который направлен на «социально-экономическое развитие Российской Федерации, увеличения численности населения страны, повышение уровня жизни граждан и создание комфортных условий для их проживания». Представлены показатели необходимости увеличения суммарного коэффициента рождаемости до 1,7, объемов жилищного строительства не менее чем до 120 млн. квадратных метров в год и повышение индекса качества городской среды на 30% [1]. Появление и реализация национальных и региональных проектов таких как «Жилье (Приморский край)», «Дальневосточный квартал», «Обеспечение устойчивого сокращения непригодного для проживания жилищного фонда (Приморский край)», «Переселение граждан из аварийного жилищного фонда в Приморском крае» и некоторых других подтверждают актуальность взвешенного анализа перспектив строительной отрасли Дальневосточного федерального округа.

Ключевые слова: перспективы жилищного строительства, малоэтажное жилищное строительство, многоквартирные многоэтажные здания.

PROSPECTS FOR HOUSING CONSTRUCTION IN THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT

Review article

Taranov D.K.^{1,*}, Fedyuk R.S.²

¹ ORCID: 0000-0002-9902-7275;

² ORCID: 0000-0002-2279-1240;

¹⁻² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

* Corresponding author (daniil5879[at]mail.ru)

Abstract

On May 7, 2018, the President of the Russian Federation signed the Decree "On the national goals and strategic objectives for the development of the Russian Federation for the period until 2024," which aims at "socio-economic development of the Russian Federation, increasing the population of the country, improving the living standards of citizens and creating comfortable conditions for their residence." Indicators of the need to increase the total fertility rate to 1.7, the housing construction area to no less than 120 million square meters per year and to increase the urban quality index up to 30% are presented. The emergence and implementation of national and regional projects such as "Housing (Primorsky Krai)", "The Far Eastern quarter", "Providing sustainable reduction of uninhabitable housing fund (Primorsky Krai)", "Resettlement of citizens from the emergency housing fund in Primorsky Krai" and some others, signify the relevance of a balanced analysis of the construction industry prospects in the Far Eastern Federal District.

Keywords: prospects of housing construction, low-rise housing construction, multi-apartment multistory buildings.

Введение

По данным Федеральной службы государственной статистики на конец 2019 года число семей, состоящих на учете в качестве нуждающихся в жилых помещениях, составляет более 28 тысяч. За год всего 1,9 тысячи семей получили жилые помещения и улучшили свои жилищные условия [2]. Эти значения показывают актуальность данного направления.

В современных условиях, когда в крупных городах уже начинает формироваться дефицит земельных участков для строительства, для более результативного использования земель и увеличения экономической эффективности строительства предпочтение отдается строительству многоэтажных многоквартирных домов. Все чаще в историческом центре городов появляются единичные высотные жилые здания. Такие решения создают проблемы как для жильцов, так и для соседей. Крайне редко количество машино-мест в паркинге жилого дома ведется из расчета два места на квартиру, реже одно место, обычно 50 % квартир и менее обеспечивается местом. Не редко можно наблюдать ситуацию, при которой при сдаче дома в эксплуатацию оборудованы парковочные места по проекту, однако в дальнейшем на этом месте появляется другая застройка и иногда даже второй многоэтажный многоквартирный дом. Такие ситуации приносят неудобства не только жильцам, но и инфраструктуре всего города, запаркованные обочины проезжей части вблизи домов, парковка на клумбах и тротуарах, такие последствия не редкость у недобросовестных застройщиков.

Основная часть

Реализуемые национальные и региональные проекты обладают внушительными количественными показателями объемов нового строительства. Однако без развития малоэтажного строительства достичь желаемого, достаточно сложно. Поведения потребителей, которые готовы проживать в ближайшем пригороде крупных городов, отдавая предпочтение экологичному, комфортному жилью и развитой инфраструктуре в коттеджных поселках, является дополнительным фактором, обуславливающим активное развитие малоэтажного строительства [3].

Сегодня важно строить жилье, которое сможет отвечать требованиям завтрашнего дня. К сожалению, многие примеры нового жилищного строительства ориентированы на модели проживания, которые уже теряют свою актуальность. Морально устаревшее жилье и не всегда качественные строительные материалы приводят к необходимости реконструкции и тотальной реновации. Эксперты отмечают, что, когда типовые многоквартирные дома приходят в негодность, жильцам предоставляется новая площадь взамен аварийной. Это закон и социальное достижение, которое порождает мощные циклы реновации, когда государство раз в 50 лет вынуждено переселять половину населения страны [4]. Это можно увидеть уже сегодня.

Наблюдая за исторической городской застройкой или кварталами частных жилых домов, можно увидеть совсем другую картину. Они не ветшают с такой скоростью, как многоквартирная индустриальная застройка, которая сейчас является основной [5]. Более устойчивые градостроительные и архитектурно-планировочные решения вместе с использованием качественных и экологических материалов позволило создать городскую застройку, которая служит столетиями и может легче быть адаптирована к социальным изменениям.

Новое жилищное строительство предполагает освоение свободных территорий населенного пункта и его ближайших окрестностей, реновацию существующих кварталов, уплотнительную застройку. Особенно важно вовлекать участки, занятые ветхим и морально устаревшим жилым фондом, заброшенными производствами и другими маргинальными территориями, при этом необходимо стремиться сохранять свободные от застройки земли сельскохозяйственного назначения и природного комплекса.

Симбиоз градостроительной деятельности и городского хозяйства является основой устойчивого развития, как территории населенного пункта, так и элементов его планировочной структуры (жилой квартал, микрорайон, район). В субъектах Российской Федерации на 2021 год построено 652 энергоэффективных многоквартирных дома, из которых менее 7% приходится на территорию Дальневосточного федерального округа. Основное преимущество такого строительства — это сохранение энергии за счет конструктивных особенностей [6]. Помимо ограждающих конструкций, энергосбережение обеспечивают инженерные сети, системы и оборудование, в том числе приборы учета воды, энергии и газа, датчики движения или присутствия, индивидуальные тепловые пункты, энергосберегающие лампы и пр. У жителей появляется возможность регулировать микроклимат, автоматически поддерживать оптимальную температуру, влажность и чистоту воздуха.

Достаточно новым, повсеместно внедряемым в российских городах градостроительным решением является возведение отдельно стоящих жилых комплексов, которые состоят из нескольких многоэтажных многоквартирных домов, объединенных стилобатом. Как правило, в подземном, полуподземном пространстве комплекса, а также его первом, втором надземных этажах, кроме входных групп, технических помещений, размещаются встроенные и встроенно-пристроенные одно- или многоуровневые автостоянки, коммерческие площади. Для подобных жилых комплексов характерна охраняемая территория, расположенная полностью или частично на эксплуатируемой кровле стилобата. В вариантах конструктивно-технологических решений многоквартирных домов преобладают каркасно-стенной несущий остов из монолитного железобетона, наружные стены из мелкоштучных материалов с плитным утеплителем и навесным фасадом, остекление лоджий и балконов.

Характерная проблема загруженности автотранспортом, временно оставленным жителями на гостевых автостоянках, внутриквартальных проездах и прилегающих улицах, на придомовых территориях вблизи детских и спортивных площадок, мест отдыха, а также на газонах, решена в данном варианте застройки. Зеленые насаждения представляют собой совокупность озелененных территорий, имеющих разную административную принадлежность. Большая часть территорий зеленых насаждений имеет фиксированные границы, что облегчает управление ими — это территории зеленых насаждений общего пользования, ограниченного пользования, выполняющие специальные функции, защитных лесов, особо охраняемых природных территорий. Как правило, наибольшее внимание в садово-парковом хозяйстве населенного пункта уделяется зеленым насаждениям общего пользования. Придомовые территории и другие озелененные участки на муниципальных территориях жилых кварталов часто не имеют законодательно определенных границ и озеленяются жителями стихийно. При новом строительстве в проектной декларации об элементах благоустройства указывается следующая информация: «по окончании строительства жилого комплекса и прокладки инженерных коммуникаций к нему, прилегающая территория подлежит благоустройству. Благоустройство территории включает в себя устройство проездов и стоянок для временного хранения автотранспорта с асфальтобетонным покрытием, устройство тротуаров с покрытием бетонной плиткой, устройство детских игровых площадок. Озеленение территории предусматривается устройством газонов, посадкой кустарника и деревьев». Таким образом, при вводе объекта в эксплуатацию автоматически закладывается проблема достаточности количества деревьев со здоровой развитой кроной, в частности, на придомовых территориях многоэтажных многоквартирных домов и в целом в новых жилых кварталах, а также не учитывается вклад наличия или отсутствия новых посадок в «зеленый» каркас города [7].

К проблемам жилых кварталов, с одной стороны, относится их необходимость и достаточность в том или ином населенном пункте и, соответственно, строительство новых и реновация существующих селитебных зон, наращивание площадей многоквартирных многоэтажных домов для обеспечения потребности в комфортном жилье, с другой — сохранение и защита природных ресурсов, создание благоприятной городской среды.

Существующие и новые жилые кварталы не всегда удовлетворяют комфортности проживания населения и экологической безопасности, например, по количеству машино-мест в паркингах, количеству и качеству зеленых насаждений, функционированию системы обращения с коммунальными отходами.

В соответствии с нормативами градостроительного проектирования Владивостокского городского округа, утвержденными постановлением главы города Владивостока от 10.02.2011 № 111, как одного из крупнейших городов Дальневосточного федерального округа, показатель количества машино-мест для парковки автотранспорта составляет 1 единицу на 100 кв. м жилой площади [11].

Действующие местные нормативы градостроительного проектирования Владивостокского городского округа утверждены постановлением Правительства Приморского края от 30.01.2020 N 61-пп увеличивают данный

показатель в два раза и количество и машино-мест для парковки автотранспорта составляет 1 единицу на 50 кв. м жилой площади [12].

В проекте 2022 года местных нормативов градостроительного проектирования Владивостокского городского округа Приморского края представлены новые показатели уровня обеспеченности объектами для хранения легковых автомобилей постоянного населения города, расположенные вблизи от мест проживания для жилых домов по уровню комфортности. Например, для домов «Бизнес-класса» это 2 парковочных места на 1 квартиру, а для домов «Эконом-класса» это 1,2 парковочных мест на квартиру [13]. Этот показатель незначительно отличается от показателей всех предшествующих документов и не соответствует реальной ситуации, что крайне негативно влияет на загруженность припаркованным транспортом в г. Владивостоке. Градация по классу жилых домов негативно скажется на будущем развитии города, она позволит варьировать количеством и уменьшать парковочные места в целях экономии.

По данным Федеральной служба государственной статистики уже на 2020 год в г. Владивостоке количество собственных легковых автомобилей на 1 000 человек населения составляет 456,3 машины [14]. Однако статистика прошлых лет показывает постоянный прирост на 10-20 машин на 1000 человек. Ожидаемый показатель на 2022 год составляет около 480 машин на 1 000 человек. Таким образом практически каждый второй житель крупного города Дальневосточного федерального округа обладает личным средством передвижения. Население г. Владивостока в марте 2022 года составило 627 тыс. человек, учитывая статистические данные в городе находится 300960 единиц личного транспорта, площадь же жилого фонда составляет 19815500 кв.м, что по предыдущим нормам требует обеспечение парковочным местом каждые 100 кв. м жилой площади. Таким образом предусмотренные места для личного автотранспорта составляют 198155 мест, что практически на 34% меньше требуемых. Эти показатели только подтверждают, что Дальневосточный федеральный округ сталкивается и будет сталкиваться с трудностями нехватки парковочных мест, вызванных местными нормами градостроительного проектирования.

Перспективна в развитии жилищного строительства компактная планировка кварталов, применение энергосберегающих архитектурных и инженерных решений, комплексное озеленение придомовых территорий, организация раздельного сбора коммунальных отходов.

Если говорить про комплексную малоэтажную застройку территорий ее осуществление невозможно на основе только существующих технологий, так как постоянно меняются требования к качеству и функциональности жилья. Согласно мнению многих экспертов, в современных реалиях оптимальным видом малоэтажного строительства является «заводское домостроение», при котором модули малоэтажных домов изготавливаются поточным методом на заводах, с которых перевозятся специальным автотранспортным полностью собранными и оборудованными туалетами, ваннами и другим оборудованием, и техникой и устанавливаются на заранее подготовленном фундаменте. На сегодняшний день в России объемно-модульное домостроение только начинает развиваться, поэтому бизнесу совместно с муниципальными властями необходимо обеспечить запуск данной технологии на домостроительных комбинатах.

Заключение

В России, в частности, в Дальневосточном округе сегодня все также строится жилье, модель проживания, в которых уже не актуальна. А заданное направление на ближайшие 10 лет с каждым годом требует увеличения показателей объемов строительства.

Вместе с тем даже с учетом рассмотренного варианта многоквартирных многоэтажных домов, достичь поставленных целей национальных и региональных проектов, практически невозможно без строительства малоэтажных домов по современным технологиям, способствующих эффективному решению жилищной проблемы.

В случае привлечения к строительству объектов частных инвесторов и осуществления государственной поддержки возможно существенное повышение эффективности их строительства. Для эффективного создания и реализации проектов требуется сформированная нормативно-техническая база, цель которой – мониторинг экоустойчивости градостроительных решений селитебных зон. Со стороны государственных и муниципальных органов необходимо, прежде всего, создание необходимой инженерной и социальной инфраструктуры. Все это только подтверждает, что решение городской застройки не так однозначно. Требуется рассмотрение и применение актуальных, взвешенных решений, что позволит создать ту среду которая будет отвечать последним тенденциям градостроительства.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020: Р32 Стат. сб. / Росстат. – Москва, 2020. – 1242 с.
3. Шулекин А.Н. Современное состояние отрасли жилищного строительства и проблема аварийного жилья / А.Н. Шулекин, Е.Н. Шулекина, О.В. Басалаев // Сборник научных трудов по материалам национальной научно-практической конференции «Общество, экономика, менеджмент и право». – Новосибирск : САФБД, 2018. – С. 172-177.
4. Садковская О.Е. Перспективы жилищного строительства в Ростовской области / О.Е. Садковская // Архитектура и современные информационные технологии. – 2021. – № 3(56). – С. 297-310. DOI 10.24412/1998-4839-2021-3-297-310.
5. Старовойтов А.С. О необходимости изменения парадигмы массового жилищного строительства. Современные реалии и пути решения / А.С. Старовойтов // Недвижимость: экономика, управление. – 2019. – №2. – С. 37–41.
6. Дьячкова О.Н. Экосистема жилого квартала: проблемы, перспективы развития / О.Н. Дьячкова // Строительство: наука и образование. – 2021. – Т. 11. – Вып. 3. – С. 1. DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.1.
7. Евсеева А.А. Проблемы правового регулирования зеленого фонда урбанизированных территорий / А.А. Евсеева, Т.К. Петровская, Э.Ю. Суслова // Экология урбанизированных территорий. – 2020. – № 3. – С. 115–120. DOI: 10.24412/1816-1863-2020-13115.

8. Фадейкина Н.В. О повышении роли управленческого учета в системе менеджмента организаций жилищного строительства / Н.В. Фадейкина, А.Н. Шулекин // Сибирская финансовая школа. – 2017. – № 6(125). – С. 91–101.
9. Шулекин А.Н. Анализ изменений законодательства в сфере жилищного строительства: переход от долевого строительства к проектному финансированию / А.Н. Шулекин // Сибирская финансовая школа. – 2018. – № 4(129). – С. 34–37.
10. Batunova E. Planning in growth paradigm for shrinking areas: unreasonable expectations. The case of Zverevo, Southern Russia / E. Batunova // Муниципалитет: экономика и управление. – 2016. – № 1(14). – С. 23–33.
11. Местные нормативы градостроительного проектирования Владивостокского городского округа: постановление главы города Владивостока от 10.02.2011 № 111.
12. Местные нормативы градостроительного проектирования Владивостокского городского округа: постановление главы города Владивостока 30.01.2020 N 61-пп.
13. Местные нормативы градостроительного проектирования Владивостокского городского округа: проект постановления главы города Владивостока.
14. Россия в цифрах. 2021: Стат.сб. / Росстат. – Москва, 2021.

Список литературы на английском языке / References in English

1. O nacional'nyh celjah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda [On national goals and strategic objectives for the development of the Russian Federation for the period up to 2024]: Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2018 No. 204. [in Russian]
2. Regiony Rossii. Social'no-jekonomicheskie pokazateli. 2020: R32 Stat. sb. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2020: R32 Stat. Collection] / Rosstat. – Moscow, 2020. – 1242 p. [in Russian]
3. Shulekin A.N. Sovremennoe sostojanie otrasli zhilishhnogo stroitel'stva i problema avarijnogo zhil'ja [The current state of the housing construction industry and the problem of emergency housing] / A.N. Shulekin, E.N. Shulekina, O.V. Basalaeve // Sbornik nauchnyh trudov po materialam nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii «Obshhestvo, jekonomika, menedzhment i pravo» [Collection of scientific papers based on the materials of the national scientific-practical conference «Society, Economics, Management and Law»]. – Novosibirsk : SAFBD, 2018. – P. 172–177. [in Russian]
4. Sadkovskaja O.E. Perspektivy zhilishhnogo stroitel'stva v Rostovskoj oblasti [Prospects for housing construction in the Rostov region] / O.E. Sadkovskaja // Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii [Architecture and modern information technologies]. – 2021. – № 3(56). – P. 297–310. DOI 10.24412/1998-4839-2021-3-297-310. [in Russian]
5. Starovojtov A.S. O neobходимости izmenenija paradigmy massovogo zhilishhnogo stroitel'stva. Sovremennye realii i puti reshenija [On the need to change the paradigm of mass housing construction. Modern realities and solutions] / A.S. Starovojtov // Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie [Real estate: economics, management]. – 2019. – №2. – P. 37–41. [in Russian]
6. D'jachkova O.N. Jekosistema zhilogo kvartala: problemy, perspektivy razvitiya [Residential quarter ecosystem: problems, development prospects] / O.N. D'jachkova // Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie [Construction: science and education]. – 2021. – Vol. 11. – Iss. 3. – P. 1. DOI: 10.22227/2305-5502.2021.3.1. [in Russian]
7. Evseeva A.A. Problemy pravovogo regulirovaniya zelenogo fonda urbanizirovannyh territorij [Problems of legal regulation of the green fund of urbanized territories] / A.A. Evseeva, T.K. Petrovskaja, Je.Ju. Suslova // Jekologija urbanizirovannyh territorij [Ecology of urbanized territories]. – 2020. – № 3. – P. 115–120. DOI: 10.24412/1816-1863-2020-13115. [in Russian]
8. Fadejkina N.V. O povyshenii roli upravlencheskogo ucheta v sisteme menedzhmenta organizacij zhilishhnogo stroitel'stva [On increasing the role of management accounting in the management system of housing construction organizations] / N.V. Fadejkina, A.N. Shulekin // Sibirskaja finansovaja shkola [Siberian Financial School]. – 2017. – № 6(125). – P. 91–101. [in Russian]
9. Shulekin A.N. Analiz izmenenij zakonodatel'stva v sfere zhilishhnogo stroitel'stva: perehod ot dolevogo stroitel'stva k proektnomu finansirovaniyu [Analysis of changes in legislation in the field of housing construction: the transition from equity construction to project financing] / A.N. Shulekin // Sibirskaja finansovaja shkola [Siberian Financial School]. – 2018. – № 4(129). – P. 34–37. [in Russian]
10. Batunova E. Planning in growth paradigm for shrinking areas: unreasonable expectations. The case of Zverevo, Southern Russia [Planning in growth paradigm for shrinking areas: unreasonable expectations. The case of Zverevo, Southern Russia] / E. Batunova // Municipalitet: jekonomika i upravlenie [Municipality: economics and management]. – 2016. – № 1(14). – P. 23–33. [in Russian]
11. Mestnye normativy gradostroitel'nogo proektirovaniya Vladivostokskogo gorodskogo okruga [Local standards for urban design of the Vladivostok city district]: decree of the head of the city of Vladivostok dated February 10, 2011 No. 111. [in Russian]
12. Mestnye normativy gradostroitel'nogo proektirovaniya Vladivostokskogo gorodskogo okruga [Local standards for urban design of the Vladivostok city district]: decree of the head of the city of Vladivostok on January 30, 2020 N 61-pp. [in Russian]
13. Mestnye normativy gradostroitel'nogo proektirovaniya Vladivostokskogo gorodskogo okruga [Local standards for urban design of the Vladivostok city district]: draft resolution of the head of the city of Vladivostok. [in Russian]
14. Rossiya v cifrah. 2021: Stat.sb. [Russia in numbers. 2021: Stat. Col.] / Rosstat. – Moscow, 2021. [in Russian]