Ассоциация технических университетов
. . .
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)

2021 год – Год науки и технологий
в Российской Федерации

Современное развитие науки, технологий, бизнеса: сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых

Москва
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2021

УДК 378.1
ББК 20.1
С-568

С-568 Современное развитие науки, технологий, бизнеса: сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых / Под ред. А.А. Александрова и В.К. Балтяна – М.: Ассоциация технических университетов, 2021. – 281 с.

ISBN 978–5–91916–019–9

Сборник включает статьи по актуальным вопросам современного развития науки, технологий и бизнеса, подготовленные студентами, аспирантами, молодыми учеными и преподавателями высших учебных заведений, входящих в состав Ассоциации технических университетов и тесно сотрудничающих с ней.

В материалах Сборника представлены широкий спектр направленности научных исследований и обобщений, выполненных вузовской творческой молодежью, различные сферы научных знаний и областей народнохозяйственного применения: энергетика, нефтегазовая переработка, строительство, исследование космоса, информационно-телекоммуникационные технологии, пищевая промышленность, биотехнологии, экология, экономика, медицина, образование.

Издание являет собой практическую реализацию основных принципов инженерно-технического образования, таких как «обучение через науку», «синтез теории и практики», «интеграция образования, науки и производства» ведущими техническими университетами, и рассчитано на широкий круг работников органов управления образованием, промышленностью, труда и занятости, руководителей промышленных предприятий и организаций, научных учреждений и учебных заведений всех уровней инженерно-технического образования и творческий актив вузовских молодежных организаций.

Редактор-составитель: В.К. Балтян

Составители: А.С. Друкаренко, И.А. Кораблева, Е.Н. Мишина, А.С. Петраков, С.Ю. Рудяк, В.Г. Федоров, К.В. Цупренко, А.В. Яминский

ISBN 978–5–91916–019–9
© Ассоциация технических университетов, 2021
© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

2021 год – Год науки и технологий в Российской Федерации; текущий год знаменует 30-летие становления системы университетского технического образования в России (4 февраля 1992 года была учреждена секция технических университетов Ассоциации университетов СССР) и 30-летие образования Содружества Независимых Государств (СНГ было создано согласно декларации, принятой в Алма-Ате 21 декабря 1991 года). Это, несомненно, – памятные события для межвузовского содружества, Ассоциации технических университетов, деятельность которой направлена на содействие развитию университетов как центров образования, науки, культуры и инноваций, повышению их роли в решении конкретных задач научно-технологического развития России и стран Содружества.

22 марта 2021 года состоялся Съезд Ассоциации технических университетов, работа которого впервые проходила с использованием информационно-телекоммуникационных технологий. Практика деятельности высшей школы последних лет позволяет сделать заключение об усилении значимости университетского технического образования, подтверждением чему могут служить появление мощных университетских центров, активизация процессов интеграции вузов в систему ведущих в стране и мире университетов, объединение университетов с научно-промышленными комплексами, в результате чего формируется уникальная база для научных изысканий и опережающей адресной подготовки специалистов для современных технологических производств, предприятий и организаций.

В июне 2021 года был издан сборник научных статей «Современное технологическое образование» (в 2-х частях), сформированный в соответствии с решением Совета Ассоциации технических университетов от 10 декабря 2020 года, отражающий результаты участия вузов Ассоциации в технологическом развитии страны, вопросы технологического образования в вузе, опыт конструкторско-технологической и производственной подготовки инженерных кадров для высокотехнологичных отраслей промышленности. В представленных материалах полномасштабно обобщены и содержательно отражены формы и методы работы университетов стран СНГ по различным направлениям деятельности, принципы и новые подходы в подготовке кадров, как уже имеющиеся в практике, так и не получившие еще широкого развития.

В сборник «Современное технологичексое образование» включены материалы и статьи, изначально поступившие в Ассоциацию технических университетов. Вместе с тем, в дирекцию Ассоциации технических университетов поступило большое количество статей, подготовленных студентами, аспирантами, молодыми учеными и преподавателями по вопросам развития науки, технологий и бизнеса, что, в принципе, не предусматривалось концепцией готовящегося к изданию Сборника. Всем молодым исследователям – авторам статей научно-технического профиля своевременно были направлены письма-разъяснения о несоответствии тематики присланных ими материалов объявленной направленности сборника «Современное технологическое образование».

Вместе с тем, дирекция Ассоциации технических университетов все же сочла целесообразным в Год науки и технологий подготовить и издать отдельный сборник поступивших статей студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей вузов Ассоциации, отражающих как вопросы технологического развития страны, так и активность участия вузовской молодежи в научных исследованиях, эффективность опережающей адресной подготовки специалистов для современных технологических производств, предприятий и организаций.

Тематика Сборника характеризуется широким спектром направленности научных исследований и обощений, выполненных вузовской творческой молодежью, различными сферами научных знаний и областями народохозяйственного применения: энергетика, нефтегазовая переработка, строительство, исследование космоса, информационно-телекоммуникационные технологии, пищевая промышленность, биотехнологии, экология, экономика, медицина, образование.

Материалы Сборника дополнили также статьи научно-технической направленности вузовских молодых исследователей, присланные в готовящийся к 30-летию СНГ сборник по вопросам формирования единого научно-технологического и образовательного пространства.

Кроме того, в дирекцию Ассоциации поступило 20 статей студентов Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова по научно-технической тематике на английском языке. Дополненные статьями студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана на иностранных языках (английском, немецком, французском, испанском и русском, как иностранном) они были сформированы в самостоятельный тематический сборник, подготовленный к изданию. Представленные материалы являют собой наглядное отображение практического воплощения важного тезиса университетского технического оборазования касательно роли языковой подготовки и повышения уровня коммуникативно-речевого компонента профессиональной компетентности специалистов естественнонаучного и инженерного профилей на базе кафедр иностранного и русского языков.

Оба сборника статей молодых исследователей вузов Ассоциации технических университетов, несомненно, добавляют и расширяют материалы изданного ранее сборника «Современное технологическое образование», являют собой примеры реализации основных принципов университетского технического образования, какими являются: «образование через науку», «синтез теории и практики», «интеграция образования, науки и производства».

Полагаем, что расширение практики издания в вузах сборников молодежных научных трудов в значительной степени будет способствовать проявлению гражданской зрелости, активной созидательной позиции, мобильности вузовской молодежи, совершенствованию концепции университетского технического образования, содержательному наполнению программы действий вузов и всей Ассоциации технических университетов на ближайшее время и будущее.

Дирекция Ассоциации технических университетов

Оценка уровня инновационного развития экономики России

Н.С. Безрукова, Я.А.Паньшина,
студентки 4 курса кафедры экономической безопасности и управления инновациями Института социального и производственного менеджмента Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.
e-mail: rita.kim.1996@bk.ru

Аннотация. *В статье исследуется роль инновационного процесса в развитии экономики. Отражены проблемы и трудности, возникающие при оценке уровня инновационного развития экономики, и их причины. Указаны основные показатели, учитываемые при оценке уровня инновационного развития экономики, их взаимосвязь и сам процесс оценки. Предлагаются возможные дополнительные принципы оценки.*
Ключевые слова: *инновация, развитие, принципы, методики, показатель, экономика.*

Assessment of the level of innovative development of the Russian economy

N.S. Bezrukova, Ya.A. Panshina,
4th year students of the Department «Economic Security and Innovation Management» of the Institute of Social and Industrial Management of the Gagarin Saratov State Technical University

Abstract. *The article examines the role of the innovation process in the development of the economy. The problems and difficulties that arise in assessing the level of innovative development of the economy, and their causes, are reflected. The main indicators taken into account when assessing the level of innovative development of the economy, their relationship and the evaluation process itself are indicated. Possible additional evaluation principles are suggested.*
Keywords: *innovation, development, principles, methods, indicator, economy.*

Управление любым инновационным процессом подразумевает под собой необходимость тотального мониторинга результативности и эффективности как самого процесса, так и процесса управления им. Оценка и контроль инновационного развития как процесса качественных изменений социально-экономических систем в современных условиях производится с помощью различных индикаторов. Существуют как индикаторы оценки инновационного потенциала, так и индикаторы оценки текущего уровня

инновационного развития. Инновационный потенциал социально-экономической системы (государства, региона) является важнейшим фактором, который следует учитывать при планировании инновационной деятельности [1]. Теоретические исследования в этой области и анализ статистических данных позволили М. Портеру предложить способ измерения инновационного потенциала, активно используемый за рубежом (коэффициент: инновационный потенциал государства). Этот индикатор действует как совокупность материальных, интеллектуальных и финансовых ресурсов, которые используются в сфере инноваций.

Для оценки уровня развития инновационных систем в регионах Северо-Западный центр предлагает использовать индекс инноваций [4]. Индекс инноваций охватывает оценку человеческих ресурсов, создание новых знаний, передачу информации и приложений, а также маркетинг инновационных продуктов. Данный показатель не учитывает качественное состояние исследуемых объектов и мало влияет на развитие инновационной инфраструктуры. Использование такого показателя для качественной оценки проблематично, поскольку не учитываются необходимые значения показателя. Согласно методологии «Руководства Осло», объектами оценки следует выбирать сектора инновационной деятельности – основные составляющие инновационной системы. При этом для оценки выделяются показатели эффективности НИОКР, инновационной активности предприятий и организаций и, в том числе, общие показатели инновационной активности. Все эти показатели связаны с обработкой больших объемов статистической информации. Необходимо обратить внимание на то, что использование разнообразных статистических данных без единой методологии оценки не позволяет осуществлять эффективное инновационное управление социально-экономическими системами. Все это однозначно свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования подходов к оценке эффективности и результативности инновационного развития социально-экономических систем.

Существует несколько принципов инновационного развития социально-экономических систем:

– Принцип устойчивых ориентиров. Введенные справочные значения инновационного состояния социально-экономической системы связаны количественно. Все принятые эталонные значения являются лучшими для обеспечения инновационного развития.

– Правило освещения инновационной деятельности. Количество индикаторов должно быть необходимым и достаточным для оценки инновационного состояния социально-экономической системы. Необходимо оценить все секторы инноваций в социально-экономической системе.

– Принцип качественных показателей. Для оценки состояния инноваций следует использовать индикаторы, которые позволят сравнить прошлое, настоящее и будущее состояние системы, позволяя выразить их в относительных единицах. Показатели должны быть надежными [3].

Показатели, характеризующие инновационное развитие социально-экономических систем, включают качественные и количественные показатели и позволяют оценивать уровень инновационного развития национальных и региональных социально-экономических систем (Таблица 1).

Таблица 1.
Сводная таблица сравнения эталонного инновационного состояния и фактических значений показателей инновационной деятельности в РФ

Наименование показателя	Фактические данные за 2019 г.	Эталон инновационного состояния	Сопоставление фактических и идеальных значений, %
Доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВВП, %	1,04	3	34,67
Число выданных патентов на 10 000 чел. населения, ед.	2,3	6,26	36,74
Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе организаций, %	21,6	44,25	48,8
Удельный вес инновационной продукции (услуг) в общем объеме произведенной продукции (оказанных услуг), %	5,3	18	29,4
Наличие инфраструктуры, обеспечивающей функционирование рынков новшеств, инноваций и связанных с ними услуг (качественный показатель)	слабо развита	присутствует	не соответствует

Выявленные проблемы инновационного развития Российской Федерации, дополнительно исследуемые с использованием методологии «Руководства Осло», связаны с тем, что секторы «Образование» и «Генерация знаний», обладая инновационным потенциалом, не реализуют его для перехода Российской Федерации в инновационное состояние. Важнейшей причиной этого является недостаточное развитие инновационной инфраструктуры и инновационной среды социально-экономической системы. Следует отметить, что методы управления инновационным развитием оказываются малоэффективными.

Необходимо оценивать инновационное развитие как процесс качественного изменения состава и структуры социально-экономической системы с использованием методов, разработанных с помощью методологических основ оценки инновационного развития. Методологические основы включают принципы оценки уровня инновационного развития социально-экономических систем, индикаторы инновационного развития и порядок оценки инновационного развития социально-экономических систем. Разработанная методика оценки инновационного развития национальной экономики применяется для оценки инновационного развития Российской Федерации. Проблемы инновационного развития, в первую очередь, связаны с отсутствием развитой инновационной среды и отсутствием эффективной и единой системы управления инновационным развитием в Российской Федерации.

Литература

1. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З. Мильнера. – М.: ИНФРА, 2010. – 624 с.
2. Бирюков, А.В., Зиновьева, Е.С., Крутских, А.В. Инновационные направления современных международных отношений: учеб. пособие для студентов вузов / Под ред. А.В. Крутских и А.В. Бирюкова. – М.: Аспект Пресс, 2010. – 295 с.
3. Трифонова, Е.Ю., Кемаева, М.В., Приказчикова, Ю.В. Оценка современного состояния и перспектив развития внешней торговли Российской Федерации. Экономический анализ: теория и практика // Финансы и кредит, 2011. – № 1. – С. 2-10.
4. Модернизация и конкурентоспособность российской экономики: Монография / Под ред. д.э.н. И.Р. Курнышевой и д.э.н. И.А. Погосова; науч. ред. С.Н. Сильвестров. – СПб.: Алетейя, 2010. – 366 с.
5. Jesse, Russell Инновационная экономика: моногр. / Jesse Russell. – М.: VSD, 2014**.** – 257 с.
6. Инновационная экономика. Теория и практика. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Де-По, 2019. – 236 с.

Реинжиниринг процессов. Классификации и виды

И.В. Улитина,
студент-магистрант факультета элитного образования и магистратуры
Омского государственного технического университета,
Е.Т. Гегечкори,
доцент кафедры математических методов и
информационных технологий в экономике ОмГТУ, к.т.н.
e-mail: ivanovainnav@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматриваются теоретические аспекты реинжиниринга бизнес-процессов как способа достижения улучшений в деятельности организаций. Особое внимание уделано существующим классификациям реинжиниринга бизнес-процессов. Целью исследования является рассмотрение понятийно-категориального аппарата реинжиниринга и обобщение точек зрения современных исследователей на реинжиниринг и его виды. Сформулированы основания для выделения видов реинжиниринга, а также кратко описаны их особенности.*
Ключевые слова: *реинжиниринг, классификация, бизнес-процесс.*

Process reengineering. Classifications and types

I.V. Ulitina,
master's student of the Faculty of Elite Education and Master's Degree Programs,
E.T. Gegechkori,
Associate Professor of the Department of the Mathematical Methods
and Information Technologies in Economics, Ph. D.
Omsk State Technic University

Abstract. *The article discusses the theoretical aspects of business process reengineering as a way to achieve improvements in the activities of organizations. Special attention is paid to the existing classes of business process reengineering. The purpose of the study is to consider the conceptual and categorical apparatus of reengineering and generalize the points of view of modern researchers on reengineering and its types. The grounds for distinguishing the types of reengineering are formulated, and their features are briefly described.*
Keywords*: reengineering, classification, business process.*

Введение

Основатели теории реинжиниринга бизнес-процессов (далее БП) М. Хаммер и Дж. Чампи, авторы книги «Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе», определили реинжиниринг как «фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-

процессов для достижения существенных улучшений в таких ключевых для современного бизнеса показателях результативности, как затраты, качество, уровень обслуживания и оперативность» [10].

Оригинальные идеи реинжиниринга, заложенные в первоначальную концепцию, были подвергнуты критике. Многие организации, пытавшиеся провести значительные улучшения через применение классического реинжиниринга, потерпели поражение. Это было связано, как с ошибками самих компаний при внедрении, так и с требованием корректировки ряда принципов, повышающих риск неудачи либо несоответствующих требованиям времени. К примеру, концепция реинжиниринга была разработана до массового расцвета средств информатизации деятельности организаций. Современные исследователи отмечают, что ряд исходных тезисов реинжиниринга потерял свою актуальность либо стал специфичен для конкретных ситуаций, а не для реинжиниринга в целом. Понимание реинжиниринга расширилось, и стало включать, к примеру, улучшения, которые приводят к значительному результату, но не соотносимые с терминами «фундаментальный», «радикальный», «скачкообразный». Все больше внедрение реинжиниринга ассоциируется с погружением в уже существующие процессы, не ломая их. Общий тренд изменений позволяет снизить вероятность неудачного внедрения. Больше внимания уделяется обеспечению поддержки изменений на местах, существует тренд на описание процессов в соответствии с теорией «ограниченного хаоса», которая предполагает регламентацию и документирование только основных функций, не меняющихся с течением длительного времени, являющихся опорными точками при управлении, оставляя сотрудникам определенную свободу при принятии решений с наличием ответственности за результат [11].

Постановка задачи

С развитием концепции реинжиниринга все более специфичными становятся особенности внедрения реинжиниринга в различных сферах, областях и ситуациях. Все это привело к тому, что в настоящее время можно выделить ряд классификаций реинжиниринга по различным основаниям с выделением видов со специфичными особенностями. Понимание этих особенностей помогает ответственному за улучшение бизнес-процессов конкретной организации идентифицировать внедряемые изменения, сформулировать свой запрос и проанализировать существующий опыт внедрения схожих изменений с учетом сложившейся практики. Это обуславливает актуальность проведенного исследования.

Результат исследования

Исходя из контекста, выделяемого при проведении реинжиниринга, можно выделить ряд оснований для классификации его видов.

Основополагающим критерием является концепция, заложенная в основу понятия реинжиниринга [3, 5, 6, 8, 9, 12]. Согласно данной класси-

фикации выделяют реинжиниринг «с чистого листа», систематический и биореинжиниринг. Реинжиниринг «с чистого листа» – это классический реинжиниринг по Хаммеру. Существующий процесс полностью разрушается и утилизируется. Новый процесс создается с нуля путем фундаментального переосмысления существующего [9]. Основной акцент в рамках реинжиниринга делается на то, что организация «должна делать», а затем – как это лучше сделать, путем всестороннего обследования и рационализации внутренних бизнес-процессов, структур и технологий [5]. Этапы: введение в реинжиниринг, идентификация БП, отбор БП, понимание выбранных БП, перепроектирование выбранных БП, реализация. Систематический реинжиниринг представляет собой более современное понимание, впервые представленное Т. Давенпортом. Предполагается, что прежде чем приступать к проектированию новых бизнес-процессов, необходимо изучить и отчетливо представить себе существующие бизнес-процессы [8]. Согласно его определению, во-первых, допускается возможность «нереволюционности» (отсутствуют указания на фундаментальность, радикальность) преобразований, во-вторых, цель реинжиниринга трансформируется из коренных улучшений показателей стоимости, качества, сервиса и темпов в эффективность бизнес-процессов, в-третьих, главным инструментом преобразований становятся новейшие информационные технологии. Этапы: создание видения и постановка цели, идентификация БП, понимание и измерение процессов, информационные технологии, прототип процесса, реализация. Биореинжиниринг определяет преобразование бизнеса как организационную перепроектировку генетической архитектуры корпорации [12]. Преобразование бизнеса как перепроектирование генов корпорации, через работу по четырем направлениям: рефреймингу, реструктуризации, оживлению и обновлению. Работа по выделенным направлениям заключается в преобразованиях хромосом компании, по три хромосомы на каждый из четырех элементов преобразования.

Классификация по ситуативному признаку выделяет реинжиниринг кризисный и развития [1, 2, 5, 6]. Методы кризисного реинжиниринга применяются в состоянии потери конкурентоспособности бизнеса, когда он на грани банкротства [1]. Это может характеризоваться потерей конкурентоспособности, резким спадом спроса на выпускаемую продукцию, существенным снижением платежеспособности и т.д. В такой ситуации возникает необходимость в разработке комплекса радикальных мер, которые позволили бы в корне изменить ситуацию. В основе подхода лежит полное перепроектирование бизнес-процессов и уход от старых моделей управления компанией. Реинжиниринг развития используется при желании увеличить отрыв от конкурентов [1]. Либо дела идут хорошо, однако в будущем есть угроза ухудшения положения на рынке, либо компании, активно развивающейся и быстро растущей, необходимо поддержание лидирующего положения на рынке. Основной целью преобразований является реализация неиспользованных и недоиспользованных возможностей, возникаю-

щих в результате изменения внешней бизнес-среды в настоящем, и предотвращение (предупреждение) негативных воздействий внешней и внутренней среды в будущем.

По степени воздействия на предприятие можно выделить эволюционный и революционный реинжиниринг [7, 9]. Эволюционный реинжиниринг более лоялен и проводит работу с существующими бизнес процессами, происходит их оптимизация, усовершенствование, но в целом функционирование организации или компании остается в неизменном состоянии. Применяться организациями, которые находятся в стадии развития и радикального изменения в бизнес процессах, им не требуется. Революционный реинжиниринг предполагает радикальное перепроектирование всех БП, полное перепрофилирование предприятия [9]. Происходит переход организации на новый вид бизнеса.

Реинжиниринг можно классифицировать по модели бизнеса [1, 3, 4, 6]. Отправной точкой для прямого реинжиниринга является построение модели существующих процессов ASIS, обратного реинжиниринга – модель существующих процессов TOBE. Некоторые исследователи выделяют риск-инжиниринг, который предполагает построение риск-модели в дополнение к ASIS и TOBE [3].

Исходя из того, кто является инициатором изменений, выделяют добровольный, когда решение о реинжиниринге БП принимается самой организацией [10] и принудительный реинжиниринг, при котором государство или головной офис инициирует кардинальные изменения в организации, необходимость которых, как правило, связана с законодательными изменениями [10].

Направление бизнес-процессов, подвергающихся реинжинирингу, позволяет выделить разновидности реинжиниринга, исходя из их специфики [5, 6, 7]. Технологический реинжиниринг предполагает разработку или куплю-продажу НИОКР и технологий, производственного опыта, знаний, ноу-хау с целью внедрения новых технологий. При строительном реинжиниринге производится перепроектирование и проведение строительных работ, поставка и монтаж оборудования, пусконаладочные работы и пр. Финансовый реинжиниринг производит разработку и внедрение методов управления финансовыми потоками и финансовыми бизнес-процессами в целом. Организационный реинжиниринг предполагает функционально-структурное описание и перепроектирование процесса преобразования предприятия, его процессов и структур от низших форм к формам высшего порядка. При инновационном реинжиниринге осуществляется перестройка деятельности на основе производства и реализации инноваций. Социальный реинжиниринг включает в себя совокупность подходов прикладной социологии, состоит из системы мероприятий, определяющих человеческое поведение, обеспечивающих контроль за ним. Сопряженный (комплексный) реинжиниринг является специфическим видом организационно-

го реинжиниринга, предполагающим преобразование объектов, сопряженных посредством целевых интересов.

Группировка бизнес-процессов по видам позволяет выделить реинжиниринг основных (производственных) и обеспечивающих (прочих) процессов, а также процессов управления [5]. К процессам управления можно отнести реинжиниринг управления персоналом, маркетинга, сбыта, МТС, логистики, учета и управления финансами, нормирования, управления капитальными вложениями, разработки продукции, управления филиалами и т.д.

И наконец, согласно целям, которые ставит перед собой реинжиниринг в том или ином случае, можно сказать, что он проводится для бизнеса в целом, либо для отдельных составляющих бизнеса [5]. Проведение реинжиниринга в целом для бизнеса может являться частью работы по формированию желаемого образа фирмы, создания модели реального бизнеса, разработки модели нового бизнеса, внедрения модели нового бизнеса, сопровождения. Реинжиниринг отдельных составляющих бизнеса проводится для анализа общей картины БП, имитации процесса, моделирования процесса, анализа структуры процесса, описания процесса, внедрения информационных систем, регламентации деятельности, сертификации по стандартам ISO.

Выводы

Практика проведения реинжиниринга позволяет утверждать, что его проведение действительно позволяет организациям достигать качественных улучшений в своей деятельности.

При этом существующая неопределенность в том, что же является реинжинирингом, подчеркивает актуальность его классифицирования с целью определить его разновидности и лучшие практики использования для каждого вида. Понимание различий между видами реинжиниринга и их целями позволит не только повысить грамотность специалистов и владельцев бизнесов, но и увеличить процент успешных кейсов внедрения.

Потенциал применения реинжиниринга, а также его сочетания с другими методами улучшения процессов в совокупности с постоянным прогрессом в сфере информационных технологий на предприятии открывает перед бизнесом значительные возможности.

Литература

1. Балабанов, И.Т. Основы финансового менеджмента. Как управлять капиталом? / И.Т. Балабанов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – С. 398-399.

2. Беляева, К.А. Теоретические основы реинжиниринга бизнес-процессов / Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (Красноярск). − 2017. − С. 562-564.

3. Брянцева, Л.В. Современная парадигма реинжиниринга / Проблемы региональной экономики (г. Воронеж). Центр исследований региональной экономики (Воронеж). 24 − 2008. − С. 53-62.

4. Волкова, М.В, Полищук, М.И., Мамедова, В.А. Реинжиниринг бизнес-процессов / Наука и мир. «Научное обозрение» (Волгоград). 2 (30) −2016. − С. 37-39.

5. Дробышевская, Л.Н., Бекирова, С.З. Теоретико-методические вопросы реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях / Экономика: теория и практика. Кубанский государственный университет. 2 (38) − 2015. − С. 63-68.

6. Ершова, М.В. Теоретические аспекты концепции реинжиниринга производственных процессов / Экономический анализ: теория и практика. − ООО «Издательский дом «Финансы и кредит». 11 (458) − 2016. − С. 50-57.

7. Каршева, К.О., Резниченко, Р.О. Реинжиниринг бизнес-процессов / Передовые научные исследования: опыт и актуальные вопросы. Индивидуальный предприниматель Иванов Роман Дмитриевич. − 2019. − С. 171-176.

8. Нужнова, И.С. Эволюция понятия «Реинжиниринг бизнес-процессов» / Проблемный анализ и государственно-управленческое проектированит. Ассоциация независимых экспертов «Центр изучения кризисного общества» (Москва). 3-1 − 2010. − С. 133-140.

9. Хаммер, М., Чампи, Дж. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе. Пер. с англ. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1997. – 332 с.

10. Харрингтон, Х. Джеймс. Оптимизация бизнес-процессов: Документирование, анализ, упр., оптимизация / Джеймс Харрингтон, К. С. Эсселинг, Харм Ван Нимвеген. – СПб.: Азбука: БМикро, 2002. – 328 с.

11. Эволюция понятия «Реинжиниринг бизнес-процессов». Нужнова И.С. Волкова М.В, Полищук М.И., Мамедова В.А. Реинжиниринг бизнес-процессов / Наука и мир. «Научное обозрение» (Волгоград). 2 (30) − 2016. − С. 37-39.

12. Модель преобразования бизнеса Ф. Гуияра и Дж. Келли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/357895/ekonomika/model_preobrazovaniya_biznesa_guiyara_kelli/ (дата обращения: 22.11.2020)

13. Чукалина, Г.М. Планирование принудительного реинжиниринга бизнес-процессов как особой формы реструктуризации предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moluch.ru/archive/70/12113/ (дата обращения: 15.02.2021).

Концепция использования API- и REST-запросов при исследовании внутренних угроз утечки бизнес-информации

М.Н. Нахушев,
бакалавр 4 курса обучения,
Е.С. Тран,
магистрант 2 курса обучения,
Д.В. Орел,
к.т.н., доцент,
И.В. Мандрица,
д.э.н., профессор;
кафедра организации и технологии защиты информации Института математики и информационных технологий имени проф. Н.И. Червякова Северо-Кавказского федерального университета
e-mail: malik.nakhushev@yandex.ru

Аннотация. *В статье исследуются концептуальные способы и методы использования API- и REST-запросов по участникам бизнес-процессов организаций и фирм как составной части внутренних угроз бизнес-процесса фирмы. Исследуются совокупная модель от внешних и внутренних угроз, и ее важная часть – внутренние угрозы от персонала и степени риска их возникновения.*
Ключевые слова: *типология угроз кибербезопасности, риски внутренней утечки бизнес-информации.*

Concept of using API - and REST-requests in research of internal threats business information leaks

M.N. Nakhushev,
4th year undergraduate student,
E.S. Tran,
2th year magistracy student,
D.V. Orel,
Ph. D., Associate Professor,
I.V. Mandritsa,
Doctor of Economics, Professor;
Department of Organization and Technology of Information Protection of the Institute of Mathematics and Information Technologies named after Prof. N.I. Chervyakov of the North Caucasus Federal University

Abstract. *The article examines the conceptual ways and methods of using API- and REST-requests for participants in the business processes of organizations and firms as an integral part of the internal threats of the firm's business process. The combined model from external and internal threats is investigated, and its important part is internal threats from personnel and the degree of risk of their occurrence.*
Keywords: *typology of cybersecurity threats, risks of internal leakage of business information.*

Исследуя проблему риска угроз потери бизнес-информации с позиции вынесенного на обсуждение в стране проекта стандарта защиты информации (ТК 362 от 07 февраля 2020 г.), авторы исследования сделали попытку выявить уникальные аспекты типов угроз кибербезопасности для бизнес-процесса коммерческой организации и ее составных элементов, в частности:

– информационная безопасность по стадиям бизнес-процесса,

– информационная безопасность по участникам бизнес-процесса,

– определение порога эффективности затрат на защиту критической информационной инфраструктуры организации.

На текущий момент развития науки теории информации, в части информационной безопасности и оценки рисков, авторы считают, что недостаточно развита и представлена часть теории – оценка рисков и методы их оценки. Киберпреступность на сегодня создает угрозы для киберпространства организации (фирмы) и той ее части информации, которая это пространство наполняет выгодой, полезностью или экономией, равно как называется это стоимостью. Таким образом, не вся информация имеет стоимость. Авторы и многие эксперты страны считают, что только информация о бизнес-процессе создает этот некий актив, который принесет будущую выгоду организации (в виде дохода, прибыли) и собственно может называться бизнес-информацией. Потеря такой информации на различной стадии – это реальный (физический и материальный) ущерб для организации.

Таким образом, с момента, когда вся информация в обороте фирмы, организации, состоящая, в том числе из бизнес-информации, начинает приносить ее владельцу доход – встает вопрос о ее рациональной (оптимальной) защите от киберпреступности (лиц преступающих уголовный кодекс). Так согласно УК РФ ст. 237, хищение (копирование) информации, содержащей бизнес-информацию – есть один из видов обогащения, или «чистая» прибыль похитителя, как на уровне отдельного физического лица, так и на более высоком уровне экономического вовлечения преступных лиц в данный вид деятельности. Ценность информации бизнес-процесса не только в документированных словах, числах и изображениях: знания, понятия, идеи и бренды – вот примеры нематериальных форм информации. На следующем Рис. 1 «Модель угроз для защиты от внутреннего злоумышленника» представлена типология угроз по участникам бизнес-процессов организаций и фирм как составной части внутренних угроз бизнес-процесса фирмы [4].

Как представлено на Рис. 1 представленная модель угроз от внутреннего злоумышленника состоит из $\sum$Xi threat – типы угроз (утечки) информации о клиенте (покупателе), его персональных данных.

Данная бизнес-информация есть будущий доход фирмы. Если оценивать риск от потери данной бизнес-информации, то для этапов бизнес-процесса до момента получения аванса от покупателя, вероятность

риска ее утечки непропорционально высока до стадии получения аванса от покупателя.

Поскольку вероятность после предавансовой части бизнес-процесса, уже в разы снизится и маловероятно, что покупатель сменит фирму-продавца (производителя услуг, товара или работ) и риски утечки бизнес-информации снизятся до минимальных значений. Далее будет представлен данный (условный) расчет. Необходимо заметить, что на сегодня стандарты РФ с номерами диапазона 27003:27005 содержат в себе рекомендации по защите бизнес-информации. Они конкретно указывают, что к таковым особенностям «бизнес-информации» – от авторов, в корреляции с международным стандартом ISO/IEC 27002:2013, относятся [3]:

– зона вероятных угроз (для бизнес-информации),

– вид информационного актива, который будет подвержен угрозе,

– вид воздействующего фактора угрозы (на бизнес-информацию),

– показатели (процессы, участники и стадии) бизнес-процесса организации, которые будут подвержены угрозе.

Далее после Рис. 1, в Таблице 1 исследуется совокупная модель рисков от внешних и внутренних угроз потери бизнес-информации, и ее важная часть – внутренние угрозы от персонала и степени риска их возникновения.

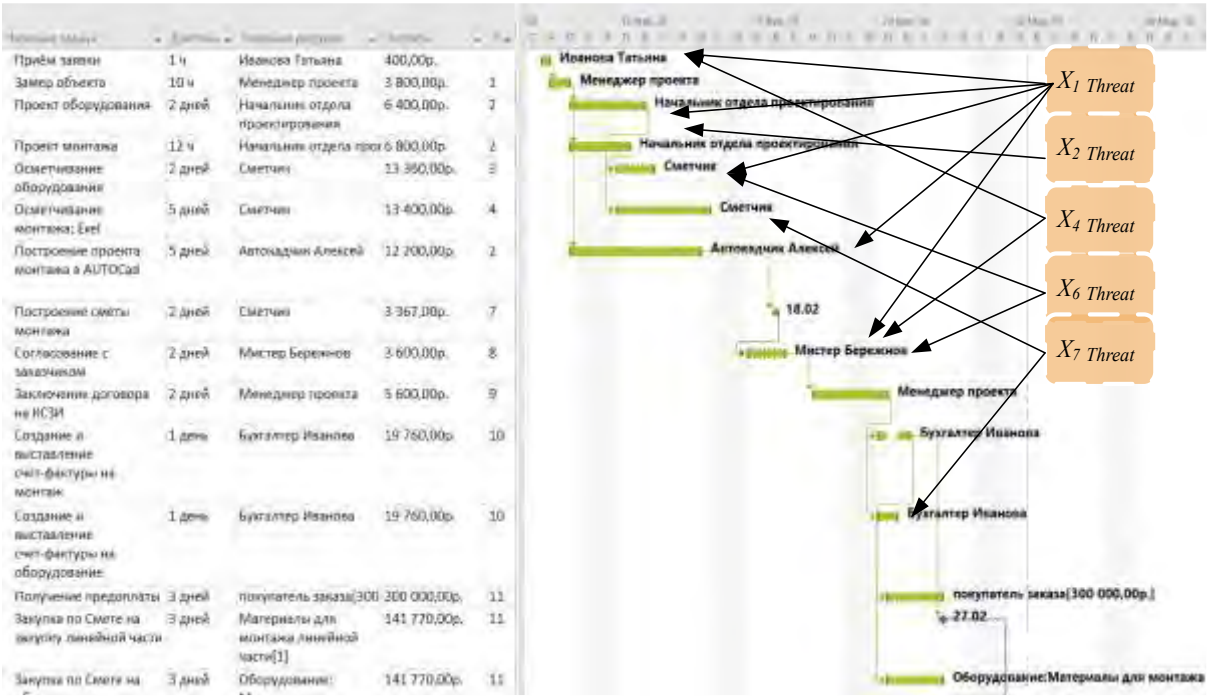


Рис. 1. Модель угроз для защиты от внутреннего злоумышленника (ресурс - «работник» в составе бизнес-процесса).

Согласно данному стандарту (не имеющему российского аналога), организации всех типов и размеров (включая государственный и частный сектор, коммерческие и некоммерческие) накапливают, обрабатывают, сохраняют и передают информацию в различных формах, включая

электронную, физическую и устную (например, собеседования и презентации). Представленные на Рис. 1 перечисленные внутренние угрозы сведем в модернизированную модель угроз для бизнес-процесса коммерческой организации.

Далее в Таблице 1, представлен условный расчет вероятности возникновения таковых угроз от внешних и внутренних злоумышленников на примере заказа СКУД системы от покупателя на условных данных фирмы производителя СКУД систем (условные значения).

Таблица 1.
Вероятность рисков утечки для модели внутренних угроз

№	Название этапа бизнес-процесса / ФИО ресурса -работника фирмы	Вероятность угроз по техническим каналам / (от внешней атаки)	Вероятность угроз от персонала / (от внутренней утечки)	Общая вероятность угрозы потери информации (внешняя + внутренняя вероятности)
1	2	3	4	5
1	Прием заявки/ФИО	0	0,3*	0,3
2	Замер объекта	0,01	0,04	0,05
3	Проект оборудования	0,01	0,29*	0,3
4	Проект монтажа	0,01	0	0,01
5	Составление сметы на оборудование	0,01	0,8*	0,81
6	Составление сметы на монтаж; Microsoft Excel	0,01	0	0,01
7	Построение проекта монтажа в AUTOCad	0,01	0,19	0,2
8	Построение сметы монтажа	0,01	0,04	0,05
9	Согласование с заказчиком	0,01	0,29*	0,3
10	Заключение договора на КСЗИ	0,01	0,09	0,1
11	Создание и выставление счет-фактуры на монтаж	0,01	0,09	0,1
12	Создание и выставление счет-фактуры на оборудование	0,01	0	0,01
13	Получение предоплаты по клиентскому заказу	0	0	0

Актуальность поиска внутренних угроз не вызывает сомнений. Таким образом, максимальная вероятность для модели угроз от внутренних злоумышленников (работников-инсайдеров) будет в четырех

зонах (выделенных знаком *), и, соответственно, отделу безопасности необходимо принять контрмеры для безопасности от угроз.

Авторы статьи предлагают способ определения порога рациональности (оптимальности) суммы затрат на стоимость контрмер (как смету мероприятий) в данном случае рассчитывать, исходя из стоимости вероятных сумм ущербов по каждому из этапов бизнес-процесса, с позиции максимальной суммы возможного ущерба от потери покупателя (клиента) в среде Microsoft project на всю сумму заказа, что и есть доход (выручка) от клиента. Соответственно мы получаем максимальную сумму ущерба от видов угроз, представленную на Рис. 1, и размеры сумм затрат на мероприятия по защите информации для разрабатываемых мер противодействия как внешним, так и внутренним угрозам. При этом основной упор специалиста по информационной безопасности будет новая модель построения системы СКУД по персоналу на стадиях бизнес-процесса и соответственно сумм вероятного ущерба для данных стадий.

Для более подробного анализа рисков участнику бизнес-процесса стать инсайдером компании-конкурента авторами разработана Концепция исследования внутренних угроз утечки бизнес-информации от инсайдер-персонала по его метаданным во внешней среде (Рис. 2).

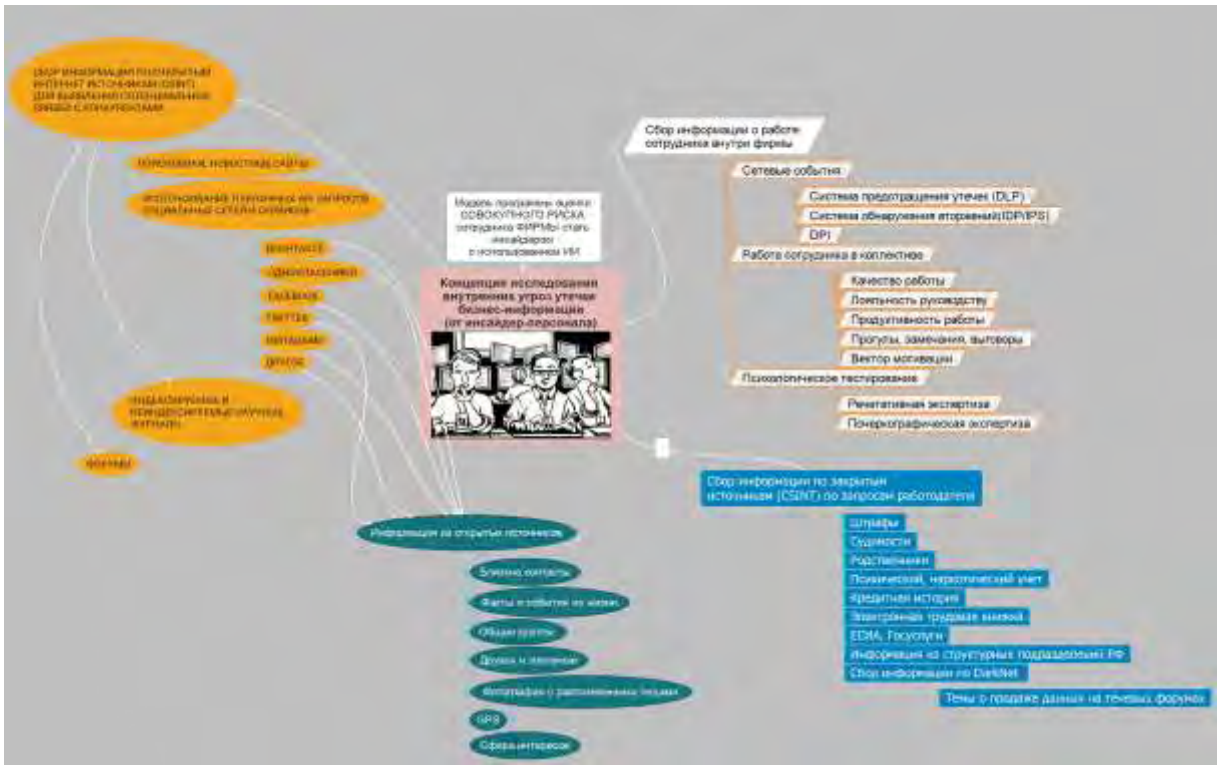


Рис. 2. Концепция исследования внутренних угроз утечки бизнес-информации от инсайдер-персонала.

Как видно из Рис. 2, Концепция описывает три типа сбора информации об участнике бизнес-процесса:

– информация о работе сотрудника внутри фирмы,
– информация из закрытых источников (CSNIT),
– информация из открытых источников (OSNIT).

Каждый из типов сбора информации сочетает в себе группу аспектов поиска, на которые следует сделать акцент при выявлении угрозы возникновения внутренней утечки информации от персонала.

Существует набор инструментов взаимодействия программ между собой, называемый API (Application Programming Interface), с помощью которого возможно получить информацию об участниках бизнес-процесса, используя данные какого-либо приложения.

Как было сказано выше, бизнес-информацией могут являться сведения о бизнес-процессе фирмы, а также данные об участниках данного бизнес-процесса, особенно клиентах, приносящих доход (выгоду).

При наличии такой информации в общем доступе сети Интернет, например, в социальных сетях, посредством использования технологии API, возможно найти и структурировать, проанализировать подобную информацию.

REST API – технология, архитектурный стиль, ориентированный на использование HTTP в качестве транспортного протокола при формировании запросов серверу и ответов, возвращаемым этим сервером.

Если информация об участниках бизнес-процесса находится, например, в социальной сети, то ее можно заполучить с серверов, используемых данной социальной сетью посредством API.

Пример представлен на Рис. 3.

```
import requests

token = '1f036ad11f036ad11f036ad1461f7521c911f031f036ad17f1ed244d3bbc59f2880e49c'
version = 5.89
user_ids = '290490593'
fields = 'photo_50,verified'
name_case = 'nom'


response = requests.get('https://api.vk.com/method/users.get',
                        params={
                            'access_token': token,
                            'v': version,
                            'user_ids': user_ids,
                            'fields': fields,
                            'name_case': name_case
                        }
                        )
data = response.json()
print(1)
```

Рис. 3. Использование API запросов с использованием программного кода.

В результате можно получить ответ данного типа (Рис. 4).

["response": [{"first name":"Малик", "id":290490593, "last name": "Нахушев", "can access closed": true, "is closed": false]

Рис. 4. Пример ответа на API запрос.

Задача преступника (злоумышленника внутри фирмы или кибермошенника из внешней среды фирмы) будет состоять в том, чтобы максимально «усложнить» – «обнулить» бизнес-информацию между этапами производства и продажи продукции фирмы или услуг с позиции внесения хаоса, дезориентирования работников фирмы, нарушения целостности информации, которая обсуживает бизнес-процесс организации.

Авторы также полагают, что угрозы для коммерческой организации в принципе можно разделить на два основных типа: внешние (атаки по типу DDoS и пр.) и внутренние (инсайдерские, по типу – утечка данных от собственного работника). В свою очередь, суммы возможных ущербов будут зависеть от времени восстановления или замедления движения «документопотоков» между работниками, а также временем прохождения финансовых потоков между клиентом и отделами исполнителями заказа, с позиции возможных кибератак с целью «проиграть», «обанкротить», «обнулить» саму сделку и создать «прямой финансовый» ущерб от последующих переделок, или рекламаций (возврата выручки) со стороны клиента в виде отклонений от утвержденных параметров бизнес-процесса.

Особо-значимым звеном бизнес-процесса для каждой организации выделим блок-звено, известное как «расчетно-кассовое обслуживание» и его возможный «ущерб», как время простоя получения аванса или итога дохода от выполнения бизнес-задачи с 1 по 12 этапы на Рис. 1.

С позиции информационных киберугроз, на текущий момент 01.10.2021 года, любой target вирус, проникший в системы компании по точкам входа, а именно любое оборудование компании может быть потенциально уязвимым, может вызвать как отказы в обслуживании кассовых систем, так и нелегитимный перевод средств на «лже-счета» злоумышленника.

В то же время, известный в бизнес-процессе любой организации этап как согласование дизайн-макета проекта заказчика и любой target вирус, проникший в системы компании по точкам входа, приведет к времени простоя для калькулирования и утверждения старта монтажных работ по конкретному клиентскому договору.

С позиции внешних угроз авторы, конечно, отмечают достаточную важность информационной безопасности от маловероятной, но все-таки возможной хакерской атаки на саму фирму – объект защиты, а также

компании-посредники фирмы или на ее поставщиков, через внедрение в информационную систему организации через троянские вирусы «лже»-договоров в бизнес-процесс организации.

Также к совсем «маловероятным», но все-таки учитываемым информационным угрозам потери бизнес-информации, надо отнести создание «клона заказчика» (или целевая атака на длительное время с последующим уничтожением компании фирмы).

Подводя итоги, авторы считают, что кибербезопасность, обеспечиваемая только техническими средствами, носит ограниченный характер и должна быть дополнена соответствующим риск-менеджментом и процедурами по контролю внутренней персональной безопасности и разработке рациональной (адекватной экономической) политики информационной безопасности в рамках предложенной совокупной модели (от внешних и внутренних) угроз для бизнес-процесса фирмы (организации).

Литература

1. https://www.iso.org/ru/isoiec-27001-information-security.html.
2. ISO/IEK 27032 2012. «Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Руководящие указания по обеспечению кибербезопасности». https://www.iso.org/standard/44375.html.
3. Microsoft Dynamics CRM: http://www.microsoft.com/ru-ru/dynamics/crm.aspx.
4. Mandritsa, I.V., Peleshenko, V.I., Mandritsa, O.V., Fensel, A., Tebueva, F.B., Petrenko, V.I., Solovieva, I.V., Mecella, M. Defining a cybersecurity strategy of an organization: criteria, objectives and functions. В сборнике: Integrating Research Agendas and Devising Joint Challenges. International Multidisciplinary Symposium ICT Research in Russian Federation and Europe. – 2018. – С. 199-205.
5. Belov, V.M., Pestunov, A.I., Pestunova, T.M. On the Issue of Information Security Risks Assessment of Business Processes Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – Proceedings XIV International scientifictecnical conference. In 8 Volumes, 2018.

Применение генетического алгоритма к задаче распределения ВМ по серверам

Д.В. Гостева,
аспирант кафедры инфокоммуникаций Института математики и информационных технологий имени проф. Н.И. Червякова Северо-Кавказского федерального университета
e-mail: DVGus@yandex.ru

***Аннотация**. В связи с широким распространением распределенных центров обработки данных (ЦОД) облачных сред актуальной становится проблема эффективного использования их ресурсов. В данной работе решение задачи оптимального распределения виртуальных машин по физическим серверам ЦОД осуществляется при помощи генетического алгоритма, который находит оптимальное решение распределения. Также произведено описание расчетного примера.*
***Ключевые слова**: балансировка нагрузки, генетический алгоритм.*

Application of a genetic algorithm to the problem of VM distribution across servers

D.V. Gosteva,
postgraduate student of the Department of Infocommunications of the Institute of Mathematics and Information Technologies named after Professor N.I. Chervyakov North Caucasus State University

***Abstract**. In connection with the widespread use of distributed data processing centers (DPC) of cloud environments, the problem of efficient use of their resources is becoming actual. In this article, the solution to the problem of optimal distribution of virtual machines over physical servers of the data center is carried out using a genetic algorithm that finds the optimal distribution solution. The calculation example is also described.*
***Keywords**: load balancing, genetic algorithm.*

В настоящее время актуальной является проблема эффективного использования ресурсов распределенных центров обработки данных (ЦОД). Входной трафик, поступающий на вход ЦОД, разнообразен и непредсказуем. Неэффективное распределение ресурсов ЦОД может привести к дисбалансу серверов кластера, что приведет к увеличению времени реализации пользовательских запросов. Одним из решений данной проблемы является разработка рационального метода распределения ресурсов виртуальных ЦОД с целью повышения эффективности использования виртуальных кластерных систем.

Одним из методов, который может быть применим для решения поставленной задачи, является генетический алгоритм (genetic algorithm) – эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе.

Генетический алгоритм (ГА) является достаточно мощным средством и показывает хорошие результаты при решении сложных переборных задач (большинство из которых NP-полные, т.е. не решаются полным перебором за полиномиальное время). Однако ГА, как и другие методы эволюционных вычислений, не гарантирует обнаружения глобального «лучшего» решения за полиномиальное время, но с помощью данного алгоритма можно найти приемлемое решение задачи за оптимальное время [1].

В основу данного алгоритма положен механизм скрещивания наиболее приспособленных особей, что приводит к рассмотрению наиболее перспективных участков пространства поиска. В конечном итоге, популяция сходится к оптимальному решению задачи.

На Рис. 1 представлен алгоритм применения ГА для решения задачи распределения ВМ по физическим узлам.

Пусть $P=\{P_1,P_2,P_3,...,P_N\}$ – совокупность всех физических узлов в системе ЦОД. Отдельный физический узел обозначим через P_i, где $i=1,...,N$, а общее количество ресурса сервера (например, объем оперативной памяти, мощность процессора и др.) определим через B_i.

Обозначим через $V_i=\{V_{i1},V_{i2},...,V_{ij},...,V_{im}\}$ – потребляемый ресурс *j*-ой виртуальной машиной (ВМ), расположенной на физическом сервере P_i. Если необходимо развернуть ВМ V в данной системе, то существует набор решений, обозначенный через $S=\{S_1,S_2,...,S_N\}$ и представляющий собой решение назначения ВМ V на каждый физический сервер. Когда V расположена на физическом сервере P_i, получим структуру отображения, обозначенную S_i [3].

Начальные решения распределений S формируются в случайном порядке из ресурсных значений ВМ, требующих распределения.

Функция приспособленности. Функция приспособленности (fitness function) – вещественная или целочисленная функция одной или нескольких переменных, подлежащая оптимизации в результате работы ГА, направляет эволюцию в сторону оптимального решения. Является одним из частных случаев целевой функции.

В данном случае функция приспособленности будет рассчитываться следующим образом:

$$f_i(x)=\sum_{j=1}^{m}V_{ij},$$

где V_{ij} – потребляемый ресурс *j*-ой ВМ, расположенной на физическом сервере P_i.

Важно отметить, что функция приспособленности должна отвечать следующему условию: $f_i(x) \le B_i$. В противном случае, физический сервер будет перегружен.

Выбор лучших решений распределения из множества решений S происходит при помощи функции приспособленности $f_i(x)$.

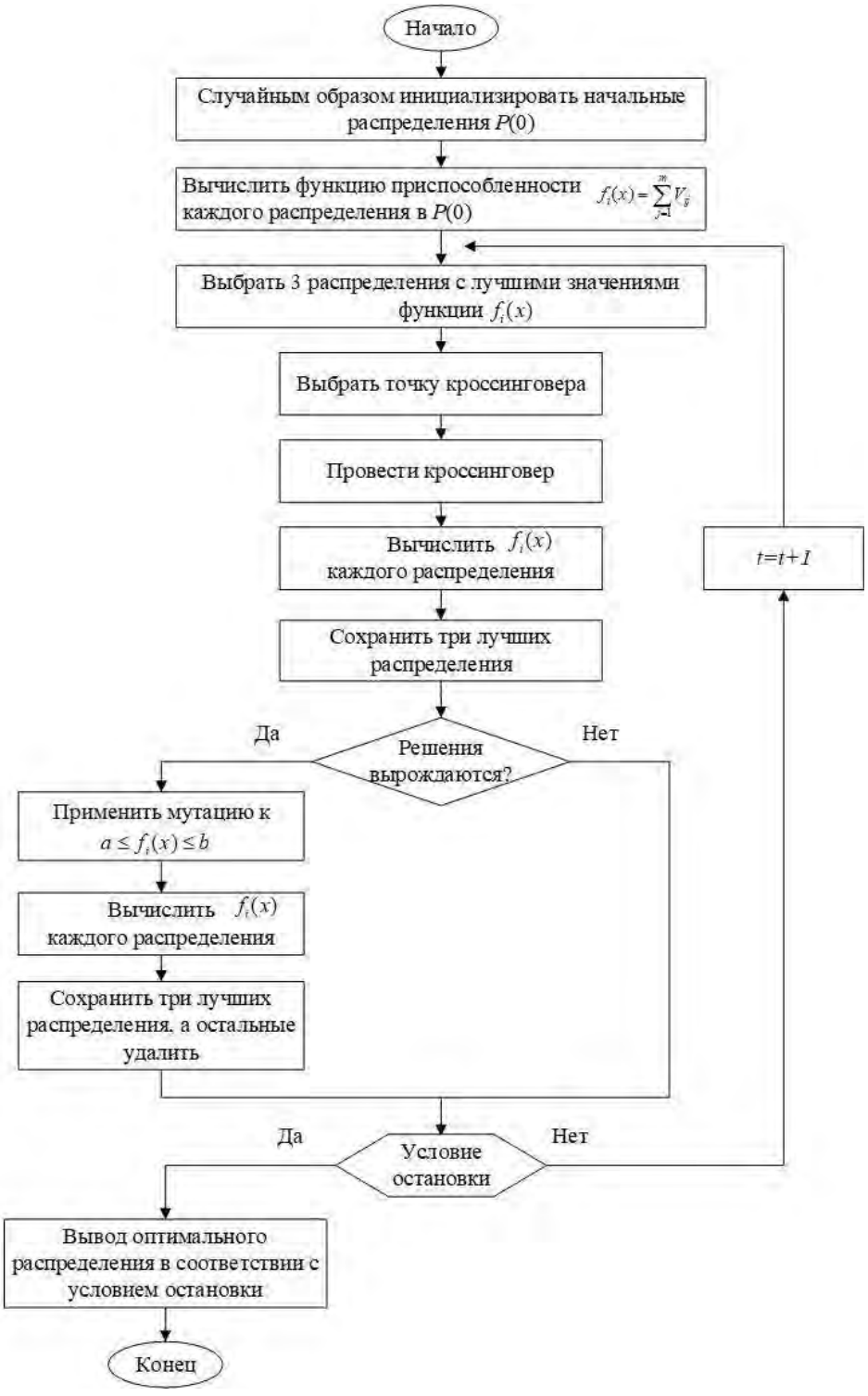


Рис. 1. Распределение ВМ по физическим узлам с помощью ГА.

Генетические операторы. Генетические операторы необходимы для того, чтобы применить принципы наследственности и изменчивости к популяции.

В данном алгоритме применены три основных генетических оператора: кроссинговер, мутация и отбор.

Оператор кроссинговера (crossover) – оператор, при котором решения обмениваются своими частями. Моделирует процесс скрещивания особей.

Выделяют несколько заданий точки кроссинговера (crossover point): одноточечный (single-point crossover) и многоточечный (multi-point crossover).

Оператор мутации (mutation) – случайное изменение одной или нескольких позиций в распределении. Данный оператор необходим для «выхода» решений из локального экстремума и способствует защите от преждевременной сходимости.

Для решения данной задачи оператор мутации будет применен к решениям, функция приспособленности которых отвечает условию:

$$a \le f_i(x) \le b,$$

где a и b – ограничения, задающиеся в зависимости от общего ресурса на сервере P_i.

Оператор отбора (селекции) – генетический оператор поиска, посредством которого осуществляется отбор решений в соответствии со значениями функции пригодности. Такой подход обеспечивает более быструю сходимость алгоритма. Однако из-за быстрой сходимости пропорциональный выбор родительской пары не подходит тогда, когда становится задача определения нескольких экстремумов, поскольку для таких задач алгоритм, как правило, быстро сходится к одному из решений. Кроме того, для некоторых многомерных задач со сложным ландшафтом целевой функции быстрая сходимость может привести к квазиоптимальному решению. То есть, возникают проблемы преждевременной сходимости и стагнации [2]. Обозначим среднюю пригодность решений размера N через

$$\overline{f} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} f_i(x).$$

Преждевременная сходимость возникает, когда на ранних циклах появляется решение f_k с пригодностью $f_k \approx \overline{f}$, но $f_k \approx f_{\max}$. Полученные решения быстро распространятся на всю популяцию, и кроссинговер не может более производить новых решений (внести «разнообразие» в решения может мутация). В таком случае средняя пригодность остается $\overline{f} \approx f_{\max}$. Стагнация возникает, когда ближе к концу работы алгоритма все решения в популяции получают относительно высокую и примерно одинаковую пригодность $\forall k \, f_k \approx f_{\max}$, что приводит к увеличению вероятности выбора лучшего решения по сравнению с вероятностью выбора худшего.

Данные недостатки могут быть компенсированы с помощью подходящего механизма отбора, который может снизить быструю сходимость

алгоритма. Известны следующие типы селекции: селекция по методу рулетки (roulette-wheel selection), турнирная селекция (tournament selection), отбор усечением (truncation selection).

Критерий остановки ГА. **Критерий остановки** – условие, по которому генетический алгоритм останавливает свою работу.

Ясно, что лучшее решение будет получено в случае полного перебора всевозможных комбинаций значений ресурса всех ВМ на каждом сервере, что приведет к значительным временным затратам, так как трудоемкость решения задачи методом полного перебора составит k^n операций, где n – количество ВМ и k серверов. ГА ищет не лучшее решение, а *оптимальное, до тех пор, пока не сработает критерий остановки алгоритма.*

В данном случае можно использовать следующие критерии остановки ГА: время работы алгоритма, число циклов алгоритма, пороговое значение загрузки сервера, максимальное количество поколений и др.

Создание популяции. Для обеспечения разнообразия в схемах формирования нового поколения решений будет использована стратегия элитарности (elitism strategy) – метод, основанный на построении новой популяции решений только из лучших решений репродукционной группы, объединяющей в себе родителей и потомков. Данная стратегия исключает случайное блуждание по пространству возможных решений, поскольку осуществляется переход в следующее поколение самого лучшего решения.

Пример реализации алгоритма. Имеется 12 ВМ, которые необходимо распределить по физическим узлам. Для эффективной работы каждой ВМ требуется определенное количество оперативной памяти (RAM, МБ): 200, 300, 150, 100, 110, 120, 150, 300, 130, 140, 150, 600. Количество памяти, выделенное каждому физическому узлу равно 1000 МБ. Необходимо распределить ВМ по физическим узлам, используя минимальное количество физических узлов.

Начальная популяция будет образована из решений S_1, S_2, S_3, сгенерированных из значений оперативной памяти каждой ВМ, требуемых для эффективной работы. Алгоритм завершит свою работу после создания II поколения решений [4].

Таблица 1. Создание I поколения

№ S_i	Начальное распределение	Пары для кроссинговера	$f_i(x)$	№ S_i	Распределение после кроссинговера	$f_i(x)$
S_1	200 | 300 150 | 100	1-2, 2-1	750	S_4	110 300 150 300	860
S_2	110 | 120 150 | 300	2-3, 3-2	680	S_5	200 120 150 100	570
S_3	130 | 140 150 | 600	3-1, 1-3	1020	S_6	110 140 150 300	700
				S_7	130 120 150 600	1000
				S_8	200 140 150 100	590
				S_9	130 300 150 600	1180

По значениям функции пригодности выбираем 3 лучших решения для создания II поколения: S_1, S_4, S_7. Данные решения сохраняются как лучшие.

Таблица 2. Создание II поколения

№ S_i	Начальное распределение	Пары для кроссинговера	$f_i(x)$	№ S_i	Распределение после кроссинговера	$f_i(x)$
S_1	200 | 300 150 | 100	1-2, 2-1	750	S_{10}	200 300 150 100	750
S_4	110 | 300 150 | 300	2-3, 3-2	860	S_{11}	110 300 150 300	860
S_7	130 | 120 150 | 600	3-1, 1-3	1000	S_{12}	130 300 150 600	1180
				S_{13}	110 120 150 300	680
				S_{14}	130 300 150 600	1180
				S_{15}	200 120 150 100	570

Из Таблицы 2 видно, что значения $f_i(x)$ начинают вырождаться. Следовательно, необходимо применить оператор мутации. Оператор мутации будет представлять случайную замену позиций, функция пригодности которых отвечает условию $800 \geq f_i(x) \geq 1000$, на значения RAM BM, которые были отброшены в процессе отбора решений. Одинаковые значения распределения удаляются. Отметим, что среди решений распределений отсутствуют значения 200, 100, 150, 140. Случайным образом выбираем позицию в *S* для замены: 130 на 200, 300 на 140, 110 на 100. Результат оператора мутации приведен в Таблице 3.

Таблица 3. Применение мутации к поколению II

№ S_i	Распределение до мутации	$f_i(x)$	№ S_i после мутации	Распределение после мутации	$f_i(x)$
S_7	130 120 150 600	1000	S_7	–	
S_{10}	200 300 150 100	750	S_{16}	200 140 150 100	590
S_{11}	110 300 150 300	860	S_{11}	–	
S_{13}	110 120 150 300	680	S_{13}	100 120 150 140	510
S_{14}	130 300 150 600	1180	S_{14}	200 140 150 600	1090
S_{15}	200 120 150 100	570	S_{15}	200 120 150 100	570

Таким образом, после применения оператора мутации выбираем 3 лучших решения: S_7, S_{11}, S_{16}. Решение S_{16}, полученное после оператора мутации и имеющее значение $f_{16}(x) = 590$ уходит в лучшие решения.

После срабатывания условия остановки (остановка после второго поколения) в числе лучших имеем следующие распределения:

$$S_7 = \{130,120,150,600\},$$
$$S_4 = \{110,300,150,300\},$$
$$S_1 = \{200,300,150,100\},$$
$$S_{16} = \{200,140,150,100\}.$$

RAM первой ВМ будет загружена на 100% (решение $S_7 = \{130,120,150,600\}$), вторая ВМ загружена на 86% (решение $S_4 = \{110,300,150,300\}$) и третья ВМ на 59% (решение $S_{16} = \{200,140,150,100\}$). Решение $S_1 = \{200,300,150,100\}$ не подходит, так как значение ВМ с RAM = 300 МБ уже распределено.

Из решения примера видно, что нагрузки ВМ сбалансированы на каждой физической машине, т.е. каждый сервер имеет величину нагрузки, не превосходящую допустимое значение ресурса физического сервера. Ограничение, которое является условием остановки алгоритма, также достигается.

В данной статье представлена стратегия планирования балансировки нагрузки ВМ на основе генетического алгоритма. Алгоритм выбирает оптимальное решение, которое будет отвечать ресурсному ограничению сервера. В дальнейшем планируется усовершенствовать данный алгоритм, рассмотрев данную задачу в виде постановки задачи мультиаликативного рюкзака.

Литература

1. Гладков, Л.А., Курейчик, В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. – М: Фихматлит, 2010. – 368 с.

2. Скиена, С. Алгоритмы. Руководство по разработке. – 2-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 720 с.: ил.

3. Sawant, Shailesh, «A Genetic Algorithm Scheduling Approach for Virtual Machine Resources in a Cloud Computing Environment» (2011). Master's Projects. 198.

4. http://lazysmart.ru/iskusstvenny-j-intellekst/geneticheskie-algoritmy-ili-kak-uchebn/.

Анонимные типы в C#

Р. Артурззаман,
студент 3курса,
М.Р. Хамидуллин,
к.э.н., доцент;
кафедра информационных систем Набережночелнинского филиала
Казанского национального исследовательского технического
университета им. А.Н. Туполева – КАИ
e-mail: rustamzzaman647@mail.ru

Аннотация. *В этой статье дается обзор того, что такое анонимные типы, где и когда их использовать, и как мы можем работать с анонимными типами в C #, а также показаны анонимные типы в LINQ и вложенный анонимный тип.*
Ключевые слова: *язык программирования C#, анонимные типы, LINQ, типы, вложенный анонимный тип, nested.*

Anonymous Types in C#

R. Arturzaman,
3d year student,
M.R. Khamidullin,
Ph. D., Associate Professor;
Department of Information Systems of the Naberezhnye Chelny Branch,
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI

Abstract. *In this article, I will give an overview of what Anonymous Types are, where and when to use it, and how we can work with anonymous types in C#, as well as show you Anonymous types in LINQ and Nested Anonymous Type.*
Keywords: *Programming language C#, Anonymous Types, LINQ, Types, Nested Anonymous Type, nested.*

Введение

В C# анонимный тип – это безымянный тип (класс), который может содержать общедоступные свойства, доступные только для чтения. Он представлен в C# 3.0. Обычно анонимный тип является ссылочным типом и может быть определен с помощью ключевого слова var. У вас может быть одно или несколько свойств анонимного типа, но все они доступны только для чтения.

В отличие от класса C# анонимный тип не может иметь поля или метода – он может иметь только свойства. Вы можете получить доступ к ано-

нимному типу или его свойствам внутри метода, в котором был определен анонимный тип.

Другими словами, доступность анонимного типа ограничена областью, в которой он был определен.

Мы можем создавать анонимные типы, используя ключевое слово «new» вместе с инициализатором объекта.

Использование анонимного типа в C#

Тип, определенный в классе, структуре, делегате или интерфейсе, называется вложенным типом (nested anonymous type). В C# вам разрешено создавать объект анонимного типа с ключевым словом new без определения его класса, а var используется для хранения ссылки на анонимные типы. Обычно, если для инициализации переменной используется анонимный тип, необходимо обозначить ее как неявно типизированную переменную с помощью функции var. Имя типа не может быть указано в объявлении переменной, так как доступ к базовому имени анонимного типа имеет только компилятор. Как показано в приведенном ниже примере, anonymous_object – это объект анонимного типа, который содержит четыре свойства: student_id, student_name, age and language.

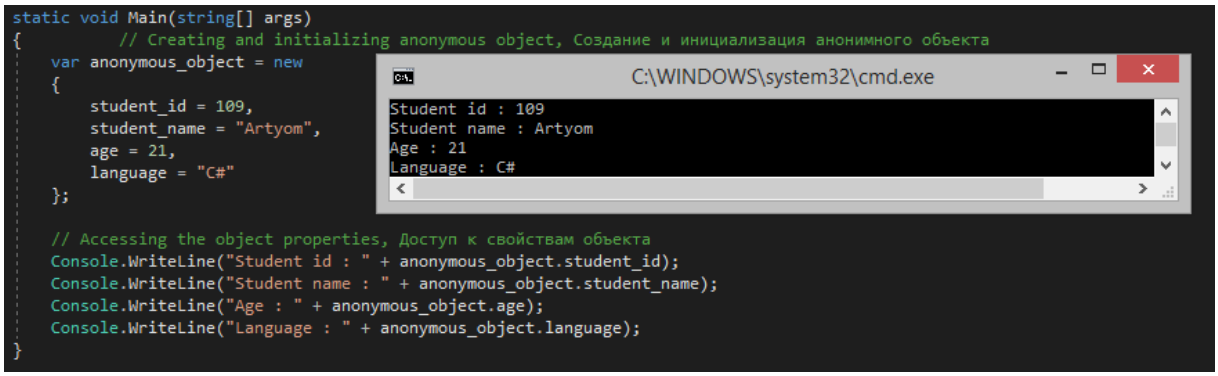


Рис. 1. Анонимные типы в C #.

В предыдущем фрагменте кода anonymous_object – это имя экземпляра анонимного типа, созданного с использованием ключевого слова new. (Имя самого анонимного типа известно только компилятору.) Этот анонимный тип содержит четыре свойства. Все эти свойства относятся к строковому типу. Обратите внимание, что при работе с анонимным типом вам не нужно указывать тип свойства перед его инициализацией.

Анонимные типы содержат один или несколько публичных свойств только для чтения. Другие члены класса, например методы или события, недопустимы. Выражение, которое используется для инициализации свойства, не может быть null, анонимной функцией или типом указателя.

Использование вложенного анонимного типа в C#

В C # анонимный тип может иметь в качестве свойства другой анонимный тип. То есть, вы можете иметь анонимный тип как свойство внутри другого анонимного типа. Вложенный анонимный тип имеет поддержку IntelliSense в Visual Studio. Как показано в приведенном ниже примере, anonymous_object – это объект анонимного типа, который содержит другой объект анонимного типа, который является anony_object.

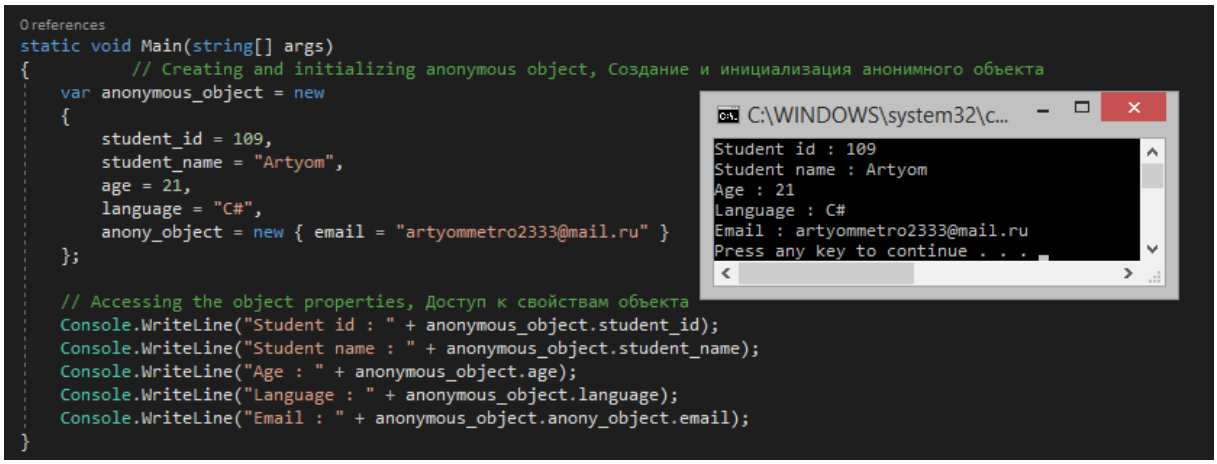


Рис. 2. Вложенные анонимные типы в C#.

Использование анонимных типов в LINQ

Вы можете использовать анонимный тип в LINQ. В основном анонимные типы создаются с помощью предложения Select запросов LINQ для возврата подмножества свойств каждого объекта в коллекции.

Рис. 3. Анонимные типы в LINQ.

В приведенном выше примере предложение select в запросе LINQ выбирает только свойства Student_ID, language и Student Name и переименовывает их в Id, Name и language соответственно. Таким образом, это полезно для экономии памяти и избавляет от написания ненужного кода. Коллекция результатов запроса включает только свойства Student_ID, language и Student Name.

Когда использовать и для чего

Иногда возникает ситуация, когда необходимо работать с каким-нибудь классом в одном месте. Для того, чтобы не реализовывать/описывать его, существуют анонимные типы. Реализация его происходит на месте, т.е. где это необходимо. Наиболее частый пример – формирование тела запроса в специфическом виде (который имеет видоизмененные названия переменных и т.д.) и конвертации в JSON/XML.

Анонимные типы предоставляют удобный способ инкапсулировать набор свойств read_only в один объект без необходимости сначала явно определять тип. Имя типа создается компилятором и недоступно на уровне исходного кода. Тип каждого свойства определяется компилятором.

Важные моменты

- Анонимные типы могут быть определены с помощью синтаксиса ключевого слова «new» и инициализатора объекта.
- Неявно типизированная переменная-var используется для хранения анонимного типа.
- Область действия анонимного типа является локальной по отношению к методу, в котором он определен.
- Компилятор создает внутренний запечатанный класс, моделирующий анонимный тип.
- Этот класс содержит переопределения equals и GetHashCode, реализующие семантику значения.
- Кроме того, компилятор генерирует переопределение ToString, которое отображает значение каждого из общедоступных (public) свойств.
- Мы не можем писать методы расширения, поскольку это анонимный тип и не имеет названия. Анонимные типы являются ссылочными типами, и все свойства доступны только для чтения.
- Анонимные типы нельзя использовать в качестве параметров или возвращаемых типов в методе.

Заключение

Анонимные типы являются типами class, прямыми производными от типа object, и не могут быть приведены ни к какому иному типу, кроме object. Компилятор назначает имя для каждого анонимного типа, несмотря

на то, что для вашего приложения он недоступен. С точки зрения среды CLR анонимный тип не отличается от других ссылочных типов.

В среде CLR, как и при инициализации класса, инициализируются анонимные типы. Они подобны классам, ссылочным типам. Все анонимные типы доступны только для чтения. Это означает, что после инициализации изменить данные будет невозможно.

Анонимные типы обычно используются в предложении select выражения запроса для возврата подмножества свойств из каждого объекта в исходной последовательности.

Литература

1. Павловская, Т.А. C/C++. Процедурное и объектно-ориентированное программирование. Учебник для вузов. Стандарт 3-го поколения [Электронный ресурс] / Т.А. Павловская. – Санкт-Петербург : Питер, 2015. – 496 с. http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-496-00109-0.

2. Богачев, К.Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.Ю. Богачёв. – 3-е изд. (эл.). – Электрон. текстовые дан. – М. : БИНОМ.Лаборатория знаний, 2015. – 345 с. – (Математика).– Режим доступа: https://ibooks.ru/reading.php?productid=350082

3. Круз, Р.Л. Структуры данных и проектирование программ [Электронный ресурс] / Р. Л. Круз. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 765 с. Режим доступа: http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-9963-1308-2.

4. Златопольский, Д.М. Программирование: типовые задачи, алгоритмы, методы [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2015. – 226 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/70753.

5. Иванова, Г.С. Технология программирования [Текст] : учебник / Г.С. Иванова. – М. : Кнорус, 2011. – 336 с. – Библиогр.: с. 329.

6. Тюгашев, А.А. Языки программирования [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – СПб: Питер, 2014. – 336 с. Режим доступа: https://ibooks.ru/bookshelf/341223/reading

7. Комлев, Н.Ю. Объектно-Ориентированное Программирование. Хорошая книга для хороших людей. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: СОЛОН-Пресс, 2014. – 298 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/64985

Работа с деревьями выражений в C # (часть 2)

Р. Артурззаман,
студент 3курса,
Р.Г. Марданшин,
к.э.н., заведующий кафедрой;
кафедра информационных систем Набережночелнинского филиала
Казанского национального исследовательского технического
университета им. А.Н. Туполева – КАИ
e-mail: rustamzzaman647@mail.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены понятие деревья выражений и методы работы с ними, а также показан вывод деревьев выражений из кода, синтаксический анализ DSL в выражениях.*
Ключевые слова: *язык программирования C#, деревья выражений, синтаксический анализ, лямбда-выражения.*

Working with expression trees in C# (part 2)

R. Arturzaman,
3d year student,
R.G. Mardanshin,
Ph. D., Head of the Department;
Department of Information Systems of the Naberezhnye Chelny Branch,
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI

Abstract. *The article discusses the concept of expression trees and methods of working with them, as well as shows the Inferring expression trees from the code, parsing DSL into expressions, and optimization of reflection calls.*
Keywords: *programming language C#, expression trees, Parsing, lambda expressions.*

Введение

Дерево выражения – это структура данных, которая определяет код. Деревья выражений основаны на тех же структурах, которые компилятор использует для анализа кода и создания скомпилированных выходных данных. Отмечается много общего между деревьями выражений и типами, которые используются в API Roslyn для создания анализаторов и исправлений кода [1]. Дерево выражений, как следует из названия, – это не что иное, как выражения, расположенные в древовидной структуре данных. Каждый узел в дереве выражений является выражением. LINQ предлагает новый тип, называемый выражением, который представляет строго типизированное лямбда-выражение [1].

Компилятор .NET преобразует лямбда-выражение, которое присваивается Expression, в дерево выражений вместо исполняемого кода. В качестве примера рассмотрим очень простое выражение 7 + 3. Оно состоит из константы, оператора плюс и другой константы. Мы можем оценить это выражение и получить результат, который равен 10. Например, следующий фрагмент кода также является выражением (Рис. 1):

```
Func<Student, bool> isAdult = st => st.age >= 25;
```

Рис. 1. Эта строка кода является делегатом Func.

Этот делегат типа Func будет рассматриваться как следующий метод (Рис. 2):

```
public bool Function(Student st)
{
    return st.Age > 25;
}
```

Рис. 2. Код "s => s.age >= 18" рассматривается как метод в C#.

Вывод деревьев выражений из кода

До сих пор мы изучали, как создавать деревья выражений вручную. Однако самое интересное в деревьях выражений в .NET заключается в том, что они также могут создаваться автоматически [2].

Это работает так, что вы можете вывести дерево выражений, просто указав лямбду-выражение, как если бы вы определяли делегат. Компилятор C# позаботится обо всем остальном. Рассмотрим этот фрагмент кода (Рис. 3):

```
Func<int, int, int> div =
    (x, y) => x / y;
Expression<Func<int, int, int>> divExpr =
    (x, y) => x / y;
```

Рис. 3. Строка кода является делегатом и лямбда-выражением.

Оба эти назначения выглядят одинаково, но фактически присвоенное значение отличается. В то время как в первом случае мы получим делегат, который может быть выполнен непосредственно, второй предоставит нам дерево выражений, представляющее структуру предоставленного лямбда-

выражения. Это, по сути, то же самое LambdaExpression, которое мы создавали при компиляции кода сами, только теперь оно представляет код, написанный статически, а не динамически [7].

Например, мы можем проверить дерево выражений, созданное компилятором (Рис. 4):

```
Expression<Func<int, int, int>> divExpr =
    (x, y) => x / y;
foreach (var param in divExpr.Parameters)
    Console.WriteLine($"Param : {param.Name} ({param.Type.Name})");
// Param : x (int32)
// Param : y (int32)
```

Рис. 4. Дерево выражений, созданное компилятором.

И, как и в случае с деревьями выражений, созданными вручную, мы можем скомпилировать их в делегат (Рис. 5):

```
Expression<Func<int, int, int>> divExpr =
    (x, y) => x / y;
 var div = divExpre.Compile();
 var z = div(20, 2); //10
```

Рис. 5. Дерево выражений, созданное компилятором, скомпилированное в делегат.

По сути, в этом контексте вы можете рассматривать divExpr как рецепт, содержащий ингредиенты, необходимые для создания div, конечного продукта.

Обратите внимание, однако, что, хотя прямое назначение, показанное ранее, работает, вы не можете сделать что-то подобное (Рис. 6):

```
Func<int, int, int> div = (x, y) => x / y;
Expression<Func<int, int, int>> divExpr = div;
//Ошибка компиляции
```

Рис. 6. Ошибка компиляции.

Выражение должно быть определено на месте, чтобы работать. Поскольку разборка происходит во время компиляции, а не во время выполнения, компилятор должен точно знать, с чем он имеет дело [3].

Хотя этот подход невероятно полезен, он имеет определенные ограничения. В частности, предоставленное лямбда-выражение не должно содержать ничего из следующего:

- Динамические переменные (dynamic);
- Асинхронный код (async/await);
- Параметры по умолчанию или именованные параметры (func(a, b:5), func(a));
- Параметры, передаваемые по ссылке (int.TryParse("123", out var i));
- Инициализаторы многомерных массивов (new int[2, 2] { { 1, 2 }, { 3, 4 } });
- Операции присвоения (a = 5);
- Базовый тип доступа (base.Prop);
- Литералы кортежей ((5, x));

Кроме того, вы не можете использовать этот метод для построения деревьев выражений из многострочных лямбда-выражений. Это означает, что он не будет компилироваться (Рис. 7):

```
Expression<Func<int, int, int>> divExpr = (x, y) =>
    {
        var result = x / y;
        return result;
    } //Ошибка компиляции
```

Рис. 7. Многострочное лямбда-выражение.

Большинство этих ограничений связано с тем, что эта функция была разработана с учетом IQueryable, и многие из перечисленных выше языковых конструкций на самом деле не имеют смысла, когда речь заходит о запросе данных. Тем не менее, есть много других сценариев, где они могут быть полезны.

Синтаксический анализ DSL в выражения

Еще одно интересное использование – синтаксический анализ. Основная задача написания интерпретатора для пользовательского доменспецифического языка – это превращение синтаксического дерева в инструкции времени выполнения. Эту задачу решаем, анализируя грамматические конструкции непосредственно в деревьях выражений [6].

В качестве примера давайте напишем простую программу, которая принимает строковое представление математического выражения и оценивает его результат. Для реализации парсера воспользуемся библиотекой Sprache (Рис. 8).

Как видите, все парсеры, определенные выше (Константа, Оператор, Операция, Полное выражение), выдают объекты типа Expression и ExpressionType, которые определены в System.Linq.Expression.

```
public static class SuperCal
{
    private static readonly Parser<Expression> Constant =
        Parse.DecimalInvariant
            .Select(n => double.Parse(n, CultureInfo.InvariantCulture))
            .Select(n => Expression.Constant(n, typeof(double)))
            .Token();
    private static readonly Parser<ExpressionType> Operator =
        Parse.Char('+').Return(ExpressionType.Add)
            .Or(Parse.Char('-').Return(ExpressionType.Subtract))
            .Or(Parse.Char('*').Return(ExpressionType.Multiply))
            .Or(Parse.Char('/').Return(ExpressionType.Divide));
    private static readonly Parser<Expression> Operation =
        Parse.ChainOperator(Operator, Constant, Expression.MakeBinary);
   private static readonly Parser<Expression> FullExpression =
        Operation.Or(Constant).End();
    0 references
    public static double Run(string expression)
    {
        var operation = FullExpression.Parse(expression);
        var func = Expression.Lambda<Func<double>>(operation).Compile();
        return func();
    }
}
```

Рис. 8. Синтаксический анализ в выражения.

Дерево выражений – это, по сути, наше синтаксическое дерево, поэтому, как только мы проанализируем ввод, у нас будет вся информация, необходимая для компиляции представленных ему инструкций времени выполнения [4]. Вы можете получить результаты, вызвав Run (Рис. 9):

```
var x = SuperCal.Run("4 + 2");          // 6
var y = SuperCal.Run("3.15 * 5 + 2 + 7"); // 24.75
var z = SuperCal.Run("1 / 2 * 4");      // 2
```

Рис. 9. Результаты.

Обратите внимание, что этот простой калькулятор – всего лишь пример того, что вы можете делать без учета приоритета операторов. Реализация синтаксического анализа для этого выходит за рамки понятия дерево выражений.

Заключение

Деревья выражений предоставляют нам формальную структуру кода, которая позволяет анализировать существующие выражения или компили-

ровать совершенно новые прямо во время выполнения. Эта функция позволяет получить подробную информацию обо всех частях выражения. Эта функция может использоваться для преобразования выражения и получения информации о зависимостях [5]. Она также позволяет вам делать много интересных вещей, включая написание транспиляторов, интерпретаторов, генераторов кода, оптимизацию вызовов отражения, предоставление контекстных операторов и многое другое. Полагаем, что это действительно мощный инструмент, заслуживающий гораздо большего внимания.

Литература

1. Павловская, Т.А. C/C++. Процедурное и объектно-ориентированное программирование. Учебник для вузов. Стандарт 3-го поколения [Электронный ресурс] / Т.А. Павловская. - Санкт-Петербург: Питер, 2015. – 496 с. – http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-496-00109-0.

2. Богачев, К.Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. Ю. Богачев. – 3-е изд. (эл.). – Электрон. текстовые дан. – М.: БИНОМ.Лаборатория знаний, 2015. – 345с. – (Математика). – Режим доступа: https://ibooks.ru/reading.php?productid=350082.

3. Стивен, Клири. Конкурентность в C#. Асинхронное, параллельное и многопоточное программирование. 2-е межд. изд. - Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 304 с. – URL: https://ibooks.ru/bookshelf/367993/reading.

4. Хореев, П.Б. Объектно-ориентированное программирование с примерами на C# / П.Б. Хорев. – Москва: Форум, 2019. – 200 с. – URL: https://ibooks.ru/bookshelf/361450/reading

5. Иванова, Г.С. Технология программирования [Текст] : учебник / Г.С. Иванова. – М.: Кнорус, 2011. – 336 с. – Библиогр.

6. Тюгашев, А.А. Языки программирования [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – СПб: Питер 2014 г. – 336 с. – Режим доступа: https://ibooks.ru/bookshelf/341223/reading.

7. Комлев, Н.Ю. Объектно-Ориентированное Программирование. Хорошая книга для хороших людей. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: СОЛОН-Пресс, 2014. – 298 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/64985

Технология 5G

К.В. Гасюк,
студент 3 курса,
Г.А. Гареева,
к.п.н., доцент;
кафедра информационных систем Набережночелнинского филиала Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ
e-mail: kristina.gasuk.vl@mail.ru

Аннотация. *5G – это следующий этап в развитии мобильных технологий, который предполагает принципиально новый уровень сервиса и возможностей для клиентов. Среди основных особенностей разрабатываемого стандарта – высокая скорость передачи данных (значительно больше 1 Гбит/с), сверхмалые задержки передачи информации (~ 1 миллисекунда). Эти преимущества позволят решить множество новых задач, которые предъявляют высокие требования к надежности соединения в режиме реального времени. Такие технологии, как дополненная и виртуальная реальность, благодаря 5G, могут обеспечить полный эффект присутствия и обратной связи с пользователем.*
Ключевые слова: *мобильные технологии, глобальная сеть, операторы связи.*

Technology 5G

K.V. Gasyuk,
3rd year student,
G.A. Gareeva,
Ph. D., Associate Professor;
Department of Information Systems, Naberezhnye Chelny Branch of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI

Abstract. *5G is the next stage in the development of mobile technologies, which involves a fundamentally new level of service and opportunities for customers. Among the main features of the standard being developed are the highest data rates (significantly more than 1 Gb/s), ultra-small information transmission delays (~ 1 millisecond). These advantages will allow you to solve many new tasks that put high demands on the reliability of the connection in real time. Technologies such as augmented and virtual reality, thanks to 5G, can provide the full effect of presence and feedback to the user.*
Keywords: *mobile technologists, global network, telecom operators.*

Развитие технологии 5G откроет целый ряд возможностей для телекоммуникационных компаний. Таким образом, коммуникации последнего поколения обеспечат им дальнейшее устойчивое развитие, а также помогут повысить энергоэффективность [1]. Однако совместное исследование Consulting STL Partners, проведенное телекоммуникационной технологической компанией и компанией Vertiv, поставщиком решений для критиче-

ской инфраструктуры, процесс непрерывности показал обратное. На практике операторы связи часто сталкиваются с трудностями при попытке управления питанием сетей 5G. Результаты исследования 24 февраля 2021 года были представлены компанией Vertiv.

По оценкам экспертов, сети 5G на 90% более энергоэффективны, чем сети 4G. Тем не менее, энергозатраты компаний возрастут в несколько раз, так как этим сетям требуется гораздо больше энергии из-за повышенной плотности сетевого трафика и большой нагрузки на сеть. Операторы связи могут решить эту проблему двумя способами: использовать передовые подходы для достижения энергоэффективности в инфраструктуре или стимулировать клиентов к внедрению аналогичных услуг [2].

По данным STL Partners, глобальный трафик 5G в 2025 году значительно превысит 3G/4G, что делает стабильность сети приоритетом для операторов связи. В то же время 40% опрошенных компаний указали, что энергоэффективность должна быть главным приоритетом при внедрении сетей 5G.

В отчете Why Energy Management Is Critical To 5G Success report представлены результаты нескольких исследований, в том числе опроса 500 компаний по всему миру. В отчете отражены проблемы, с которыми сталкиваются телекоммуникационные компании при сдерживании роста энергопотребления и других затрат, связанных с 5G.

Исследование также выявило три отрасли, которые больше всего выиграют от сетей 5G. Так, к 2030 году промышленный сектор может получить прибыль до 730 миллиардов долларов, благодаря использованию 5G для продвинутого профилактического обслуживания и автоматизации. Аналогичную картину можно наблюдать и в отраслях транспортной логистики, доходы которых вырастут на 280 миллиардов долларов в результате внедрения транспортной инфраструктуры и автоматизированных служб доставки на дом [3]. И, наконец, в докладе говорится, что 5G может помочь сектору здравоохранения, обеспечив расширенный доступ к медицинским услугам.

Для развертывания сетей 5G операторам связи необходимо установить тесные отношения между собой. По данным опроса, только 37% респондентов заявили, что нашли надежных партнеров для сокращения выбросов углекислого газа. Но, все же, 56% говорят, что сотрудничество между телекоммуникационными компаниями в ближайшее время не будет возможным.

Литература

1. Хамидуллин, М.Р., Биков, Д.И. Способы обработки запросов для чат-бота при помощи инструментов VK API // В сборнике научных статей итоговой десятой международной научной конференции. 30-31 октября 2020 г. Часть 2. – Казань: ООО «Конверт», 2020. – С. 35-37.

2. Перспективы развития связи 5G. Олейникова А.В., Нуртай М.Д., Шманов Н.М. Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 2 (2). – С. 233-235.

3. 5G Wireless: A Dangerous «Experiment on Humanity». URL:https://www.rt.com/shows/news-with-rick-sanchez/448819-news-with-rick-sanchez-january/ (дата обращения 16.03.2021).

Стартовый флагман 2021 года

З.Г. Джибладзе,
студент 2 курса,
Г.А. Гареева,
к.п.н., доцент;
кафедра информационных систем
Набережночелнинского филиала Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ
e-mail: zakhardzhibladze2000@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматривается новая флагманская модель Samsung Galaxy s 21Ultra 5G. Описаны все плюсы и минусы данной модели. Показан его прямой конкурент. Рассмотрены варианты развития компании в сфере смартфонов.*
Ключевые слова: *Samsung, Apple, 5G, шим.*

Launch flagship of 2021

Z.G. Dzhibladze,
2nd year student,
G.A. Gareeva,
Ph. D., Associate Professor;
Department of Information Systems, Naberezhnye Chelny Branch of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI

Abstract. *The article discusses the new flagship model of Samsung Galaxy s 21Ultra 5G. All the pros and cons of this model are described. Its direct competitor is shown. The variants of the company's development in the field of smartphones are considered.*
Keywords: *Samsung, Apple, 5G, shim.*

Цена нового Samsung galaxy S21 Ultra 5G 512 gb вместе с адаптером питания выходит 140 000 рублей. Главная проблема его цены – это не то, какая она сейчас, а то – какая она будет через год. Он потеряет более 50% своей стоимость, конечно, при условии, если будет в идеальном состоянии. При этом iPhone теряет за год по статистике 30% стоимости. Дело все в доверии: раньше компания Apple делала телефоны лучше других, и эти новые флагманы служили годами своим пользователям. И люди вошли в доверие этой компании, хотя сейчас не только организации Samsung, но и другие компании, чьи телефоны стоят на платформе Android, уже давно перегнали Apple по технологиям. Но люди все равно еще с 2010 годов не доверяют конкурентам Apple. Поэтому Samsung Galaxy S21 Ultra 5G 512 gb остается не ликвидным. У компании Samsung была линейка Note, которая

была безупречна. Сначала корпорация проверяла свои технологии на S линейке, после чего уже исправляла недостатки и делала эти же технологии, но уже доведенные до совершенства в Note. К сожалению, появляются новости что, Samsung Galaxy Note 21 не планируется. Интрига касательно серии Galaxy Note 21 сохраняется! Несмотря на то, что Samsung подтвердила, что закрывать серию в этом году не собирается, отсутствие планов на Galaxy Note 21 обсуждается с завидной регулярностью. Вот и сейчас специалист по дисплеям Росс Янг рассказал о том, что Galaxy Note 21 не будет издан, что сделает трио Galaxy S21 единым флагманским фронтом на 2021 год и даст им шанс превзойти показатели продаж Galaxy S10. В этом есть своя логика, ведь когда Note линейка только появилась, это было что-то среднее между телефоном и планшетом, так называемый фаблет (огромный телефон, маленький планшет). Однако проблема в том, что сейчас обычные телефоны по своей диагонали приблизились к Note линейке.

Когда вышел новый iPhone 12, Samsung сразу начала шутить над Apple, ведь в новом iPhone убрали адаптер питания. Samsung сначала запустила эту шутку в Twitter, через какое-то время сама же с позором удалила эту запись. Главный обман этого телефона – отсутствие разъема для карт памяти. Раньше люди покупали телефон с минимальной памятью, а после докупали просто дешевые карты памяти для них. Сейчас практически нет новых флагманских телефонов на платформе Android с этим разъемом. Это начали делать, чтобы извлекать большую прибыль с каждого проданного телефона. Все начали подражать компании Apple, тем самым лишив себя преимущества перед этой компанией. Также новый Samsung Galaxy S21 Ultra 5G назвали не просто так 5G, туда поставили этот модуль, но ни в одной стране мира, кроме Китая и Южной Кореи, 5G нормально не работает. В странах Европы и США его либо нет, либо он работает со скоростью в 8 раз меньше, чем 4G.

Рис. 1. Скорость 5G интернета в США.

Сейчас проблема этого модуля в очень узком распространении, следовательно, в большинстве стран он не нужен.

Экран у нового Samsung шикарен, один из лучших на рынке смартфонов, полноценный 120 Гц экран, который работает при разрешении WQHD+(3200x1440). Используется технология адаптированной герцовки для экономии заряда аккумулятора. Система сама решает, когда герцовка не нужна 120 Гц и делает 60 Гц. Экран просто шикарен был бы, если бы не ШИМ. Широтно-импульсная модуляция – процесс управления мощностью методом пульсирующего включения и выключения потребителя энергии. Большинство людей этого не замечают, но некоторые не могут пользоваться телефоном из-за ШИМа. Это свойство Oled экранов. Яркость в таких экранах регулируется не с помощью понижения питания светодиодов, а с помощью быстрого включения и выключения этих диодов.

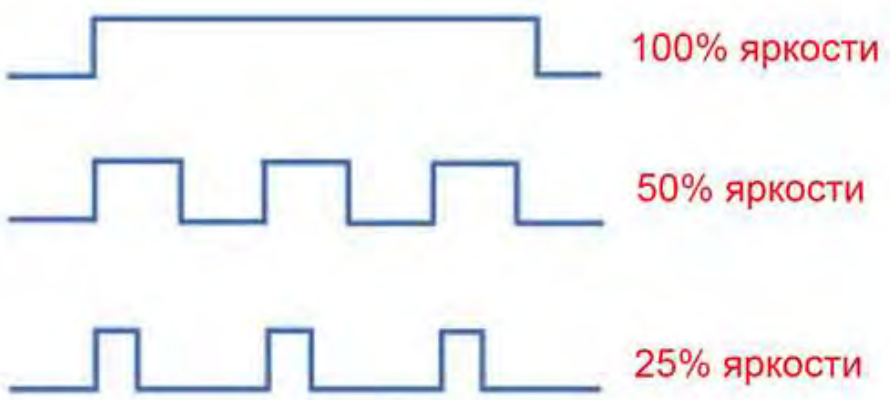


Рис. 2. График работы диодов.

При уменьшении яркости меньше 100 % начинают включаться и выключаться диоды, понижения их питания не происходит, что приводит к полосам на экране. И чем меньше яркость, тем больше полос. Однако по статистике, эти полосы видят всего 5 % людей. Важно понять, что у компании Samsung есть своя собственная специфика, так называемая герцовка подсветки, она работает на частоте 250 Гц при 100 % яркости, то есть, если яркость меньше 100%, герцовка может опускаться до 227 Гц. Это катастрофически мало, и поэтому происходит мерцание экрана, которое чувствительные люди воспринимают.

Оболочка нового телефона 1ui 3.1, работает на Android 11. Это – лучшая оболочка среди смартфонов на Android. Это – самая благородная, стильная, энергоэффективная, стабильная операционная система. Она очень красивая: каждая иконка шикарно прорисована, очень грамотно подобраны цвета, широченный спектр функций и опций, которые не бесполезны, а действительно помогают.

Подводя итог, можно сказать, что Samsung Galaxy S21 Ultra отвечает всем стандартам флагмана без компромиссов, упакованного технологиями: камера с рекордным диапазоном «родных» фокусных расстояний и записывающая видео в 4K 60p при любом фокусном расстоянии, в частности, даже на фронтальную камеру; вероятно, самый совершенный экран для смартфона на сегодняшний день с поддержкой пера S Pen.

Однако отсутствию мини-джека и слота для карты памяти, к которым все уже привыкли, добавляется новая, к которой нам только предстоит привыкнуть: скудный комплект без зарядного устройства и наушников. Samsung в этом плане проявила себя лучшим учеником Apple.

Как бы то ни было, стартовый флагман 2021-го, даже, несмотря на эти претензии, получился каким надо – передовым в техническом плане и соответствующим духу времени в маркетинговом.

Литература

1. https://www.samsung.com Дата обращения: 13 марта 2021.

2. Емельянов, С.В. Информационные технологии и вычислительные системы / С.В. Емельянов. – М.: Ленанд, 2015. – 96 с.

3. https://mobiltelefon.ru/post_1611255011.html Дата обращения: 12 марта 2021.

4. Хамидуллин, М.Р., Биков, Д.И. Способы обработки запросов для чат-бота при помощи инструментов VK API // В сборнике научных статей итоговой десятой международной научной конференции. 30-31 октября 2020 г. Часть 2. – Казань: ООО «Конверт», 2020. – С. 35-37.

5. Перспективы развития связи 5G. Олейникова А.В., Нуртай М.Д., Шманов Н.М. Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 2 (2). – С. 233-235.

Интеллектуализация системы волоконно-оптического датчика

А.Н. Мороз,
студент 2 курса,
В.Ф. Янушкевич,
к.т.н., доцент;
кафедра энергетики и электроники факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета
e-mail: sasha.moroz2016@mail.ru

Аннотация. *В данной статье рассмотрен процесс интеллектуализации системы волоконно-оптического датчика (ВОД). Показана структурная схема интеллектуальной системы. Показано моделирование блок-схемы интеллектуализации ВОД в программе LabView.*
Ключевые слова: *интеллектуализация, оптоволокно, ВОД, LabView, датчик.*

Intellectualization of the fiber-optic sensor system

A.N. Moroz,
2nd year student,
V.F. Yanushkevich,
Ph. D., Associate Professor;
Department of Power Engineering and Electronics,
Faculty of Computer Science and Electronics, Polotsk State University

Abstract. *This article describes the process of intellectualization of the fiber-optic sensor (FOS) system. The block diagram of the intelligent system is shown. The modeling of the flowchart of FOS intellectualization in the LabView program is shown.*
Keywords: *intellectualization, optical fiber, FOS, LabView, sensor.*

Объектом для интеллектуализации является волоконно-оптический датчик (ВОД), используемый для измерения перемещений.

Интеллектуальные измерительные системы, или интеллектуальные приборы, обязательно должны содержать встроенные блоки, осуществляющие автоматическую калибровку прибора. Задачу искусственного интеллекта в датчике можно определить как обеспечение метрологической надежности.

Система обработки информации считается интеллектуальной, если она имеет способность дополнять и замещать природные информационные органы и способности человека при выполнении следующих процессов:

- воспроизводство информации,
- формирование понятий,

- постановка и решение задач,

- формирование и проверка гипотез и т.д.

К этим интеллектуальным процессам относят практически все, в которых есть операции, выполняемые в условиях существующей неполноты и противоречивости исходных данных.

При обработке таких неполных и противоречивых данных невозможно обойтись без накопленного опыта, построения и использования моделей объекта, накопленных знаний.

Интеллектуальная система работает не с данными, а со знаниями, которые добываются самой системой или берутся у специалистов.

В интеллектуальных системах нет жесткого алгоритма, как в обычных системах. Вместо него интеллектуальные системы имеют механизм осознания возникшей ситуации, поиска рационального решения, представления результатов в наиболее удобной и понятной форме.

Иногда в технике под понятием интеллектуальной системы понимают системы с развитыми вычислительными возможностями, возможностями адаптации к внешним условиям, возможностями автоматической калибровки, автоматической настройки. Однако это не совсем верно. Системы такого рода интеллектуальны в узком смысле. Предпочтительнее было бы их называть компьютеризированными, автоматическими, адаптивными.

На сегодняшний день выделяются четыре уровня интеллектуальности преобразователей.

Первый уровень – амплитудные волоконно-оптические датчики непосредственного преобразования, в память микропроцессора или микроконтроллера которых введены индивидуальная градуированная характеристика, функции влияния параметров окружающей среды, данные о значениях параметров окружающей среды.

Второй уровень – амплитудные волоконно-оптические датчики логометрического преобразования с дополнительным опорным каналом и встроенным МП, в памяти которых – алгоритмы обработки измерительной информации.

Третий уровень – амплитудные волоконно-оптические датчики логометрического преобразования с дополнительным опорным каналом, встроенным микроконтроллером и ЭВМ верхнего уровня.

Четвертый уровень – амплитудные волоконно-оптические датчики, аппаратное средство которых реализовано на съемной плате, установленной на системной шине ЭВМ и управляемые компьютерными программами.

Интеллектуализация амплитудных волоконно-оптических датчиков позволяет унифицировать их конструкции и сократить время на разработку и производство амплитудных ВОД.

Основными целями и задачами интеллектуализации амплитудных волоконно-оптических датчиков являются:

- автоматизация работы датчиков;

- повышение точности;

- компенсация влияния внешних и дестабилизирующих факторов;

- самодиагностика;
- расширение функциональных возможностей;
- контроль достоверности преобразования.

Интеллектуализация ВОД достигается за счет использования цифровой фильтрации, блока коррекции погрешностей, блока расчетов параметров перемещения, а также блока генерации информационного сигнала, при этом в каждом цифровом блоке возможна автоматическая коррекция в зависимости от требований и условий эксплуатации.

На Рис. 1 приведена структурная схема интеллектуальной системы.

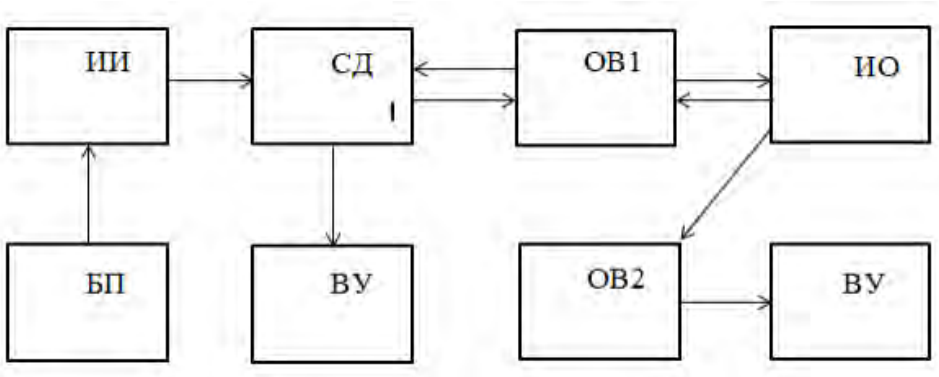


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной системы.

БП – блок питания; ИИ – источник излучения; СД – светоделитель; ОВ1 – оптоволокно 1; ОВ2 – оптоволокно 2; ИО – исследуемый объект; ВУ – выходное устройство.

Создание первичного преобразователя выполнялось по структурной схеме на Рис. 2.

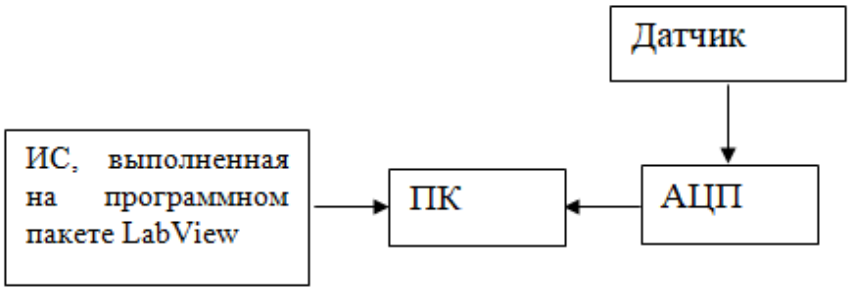


Рис. 2. Структурная схема интеллектуальной системы преобразователя перемещения.

Информационный сигнал с датчика через АЦПNI-6009 поступает в ПК, на котором установлен программный пакет LabView. Эта программа позволяет измерять, фильтровать, графически отображать сигнал в режиме реального времени и производить различные операции над информационным сигналом.

Разработанная интеллектуальная система датчика (Рис. 3) состоит из 11 блоков:

– генератор, моделирующий информационный сигнал;
– сигнал с первичного преобразователя;
– блок управления внешним и внутренним сигналами;
– блок фильтрации;
– блок коррекции погрешностей;
– блок расчетов X – перемещение, V – скорость, a – ускорение;
– индикация (вывод расчетных значений X, V, a);
– flash-память;
– график 1 (отображение сигнала до блока фильтрации);
– график 2 (отображение сигнала после блока фильтрации);
– график 3 (отображение сигнала после блока коррекции погрешностей).

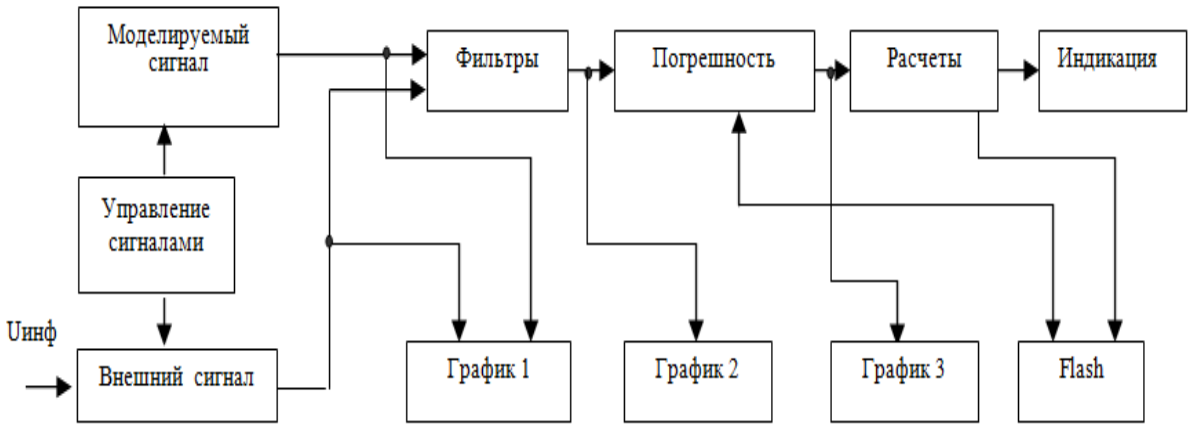


Рис. 3. Структурная схема интеллектуальной системы, интегрированной в одноплатный компьютер.

Разработка соответствующего программного обеспечения позволяет автоматически определять уровень сигнала, анализировать его, а также выполнять дальнейшие операции с ним: хранение, передача, обработка и вывод данных на дисплей. Использование режима самоконтроля позволяет автоматически обнаруживать и корректировать погрешности.

Программу, написанную в среде LabView, принято называть виртуальным прибором (ВП), или виртуальным инструментом (ВИ). Следует это из того, что любая программа, созданная в LabView, представляется в виде некоторого прибора, основными составляющими которого являются лицевая панель, блок-схема, иконка и соединительная панель. На Рис. 4 представлена разработанная блок-схема интеллектуальной системы волоконно-оптического датчика перемещения.

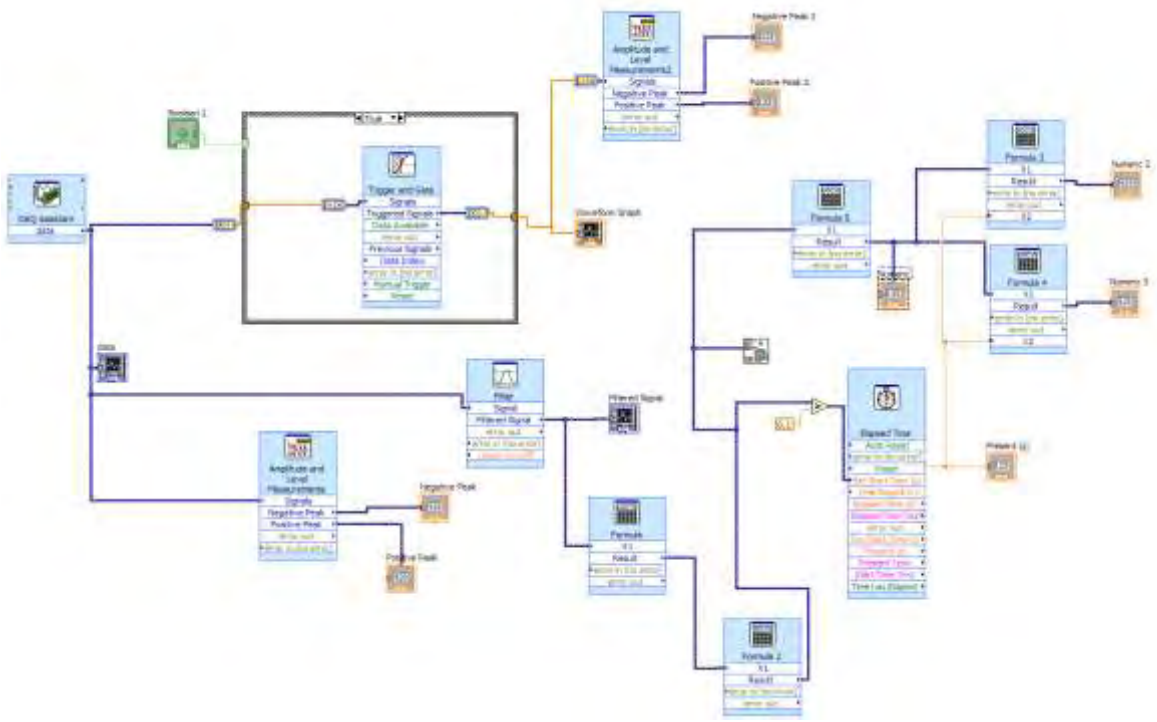


Рис. 4. Блок-схема интеллектуальной системы волоконно-оптического датчика перемещения.

Литература

1. Бусурин, В.И. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета ипримененния / В.И. Бусурин, Ю.Р. Носов. – М.: Энергоатомиздат. – 1990. – С. 256.

2. Чесноков, В.В. Физические основы получения информации / В.В. Чесноков, Д.В. Чесноков. – Новосибирск: СГГА. – 2011. – С. 447.

3. Волоконно-оптические датчики/ Окоси Т., Окамото К., Оцу М. и др. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

4. Распределенные волоконно-оптические датчики и измерительные сети/ Ю.Н. Кульчин. – М: Физматлит, 2001. – 272 с.

5. Гапанович, В.А. Волоконно-оптический датчик давления/ В.А. Гапанович, К.В. Григорьев, А.Ф. Комиссаров. – М., 2011. Патент RU 2420719.

6. Айфичер, Э. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.

7. Кононенко, С.В. Обработка измерительной информации преобразователей положения // Датчики и системы. – 2002. – № 5.

8. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 751 с.

9. Сергиенко, А.Б. Алгоритмы адаптивной фильтрации: особенности реализации в MATLAB. http://www.Exponenta.ru.

10. Дьяконов, В. Simlink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

Увеличение точности измерения рефлектометра методом снижения систематической погрешности

Н.А. Сытова,
студентка 2 курса,
В.Ф. Янушкевич,
к.т.н., доцент;
кафедра энергетики и электроники факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета
e-mail: natali_stv@tut.by

Аннотация. *В статье рассматриваются основные метрологические параметры рефлектометра. Описаны методы, позволяющие уменьшить погрешность измерения расстояний, затухания, измерения величины мертвой зоны при заданном коэффициенте отражения, определения динамического диапазона рефлектометра.*
Ключевые слова: *оптический рефлектометр, погрешность измерения расстояний, нелинейность шкалы измерений.*

Increasing the measurement accuracy of the reflectometer by reducing the systematic error

N.A. Sytova,
2nd year student,
V.F. Yanushkevich
Ph. D., Associate Professor;
Department of Power Engineering and Electronics,
Faculty of Computer Science and Electronics, Polotsk State University

Abstract. *The article discusses the main metrological parameters of the reflectometer. Methods are described to reduce the error of measuring distances, attenuation, measuring the value of the dead zone at a given reflection coefficient, and determining the dynamic range of the reflectometer.*
Keywords: *optical reflectometer, distance measurement error, non-linearity of the measurement scale.*

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) на сегодняшний день способны обеспечить самую высокую скорость передачи информации.

Неотъемлемой частью системы мониторинга оптических волокон является рефлектометр. Оптический рефлектометр предназначен для контроля состояния волоконно-оптических линий связи и определения расстояния до места повреждения.

Ошибки при измерениях на ВОЛС будут минимальны, когда рефлектограмма не зашумлена, ширина мертвых зон минимальна. Точность измерений повышается с увеличением времени накопления результатов измерений.

Погрешность измерения расстояния рефлектометра определим по формуле:

$$\Delta S_t = S_t - S_{t1} \quad , \tag{1}$$

где S_t – расстояние, измеренное рефлектометром при текущем измерении, S_{t1} – расстояние, определенное рефлектометром при первом измерении.

Результат оценки погрешности расстояния считается положительным, если соответствует формуле:

$$\Delta S_t \leq \pm\left(1 + p + S_t \times 5 \times 10^{-5}\right)(\text{м}) \quad , \tag{2}$$

где p – разрешение рефлектометра по расстоянию для данного диапазона расстояний.

Среднее значение затухания оптического рефлектометра при значениях длительности импульса 0,1 мкс, 0,3 мкс, 3 мкс определим по формуле:

$$A_n = \sum_{k=1}^{4} \frac{Ann}{4} \text{ (дБ)} \quad , \tag{3}$$

где k – номер длительности импульса, n – номер измерения.

Нелинейность шкалы измерений затухания рефлектометра определим по формуле:

$$\Delta A_1 = A_n - A_{n+1} \text{ (дБ)} \quad , \tag{4}$$

где A_n – средняя величина затухания, полученная при длительности импульса 0,1 мкс;

A_{n+1} – средняя величина затухания, полученная при длительности импульса 3 мкс.

В зависимости от устанавливаемых параметров измерений: длительности импульсов, диапазона измеряемых длин, времени усреднения сигнала изменяется величина динамического диапазона. Изменение динамического диапазона рефлектометра определим по формуле:

$$\Delta D = 5 \times \log t_1 t_2 \text{ (дБ)} \quad , \tag{5}$$

где t_1, t_2 – длительность импульсов рефлектометра.

Актуальность определения характеристик оптического рефлектометра обусловлена требованиями в области качества при строительстве и эксплуатации ВОЛС.

Литература

1. Скляров, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. Учебное пособие. 2-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 272 с.

2. Листвин, А.В., Листвин, В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРарт, 2005. – 208с.

3. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман; пер. с англ. под ред. Н.Н. Слепова. – М.: Техносфера, 2003. – 447 с.

Устройство определения направления прихода радиоволн инфракрасного диапазона от ярко контрастного объекта

А.Г. Чернявский,
магистрант 2 курса,
В.Ф. Янушкевич,
к.т.н., доцент,
С.П. Алиева,
старший преподаватель;
кафедра энергетики и электроники факультета компьютерных наук и электроники Полоцкого государственного университета
e-mail: sanyamobs@mail.ru

Аннотация. *Данная статья посвящена разработке устройства определения направления прихода радиоволн инфракрасного диапазона от ярко контрастного объекта, а также произведенному анализу радиолокационных методов. Проведен обзор основных физических явлений, непосредственно влияющих на радар. Выполнена оценка наиболее перспективных частей устройства для достижения цели исследования. Приведена характеристика основных параметров ключевых элементов устройства. Результаты исследования могут быть использованы для разработки устройства для определения направления прихода инфракрасных радиоволн от ярко контрастирующего объекта.*
Ключевые слова: *радиолокация, радар, излучение, микроконтроллер, приемник, датчик.*

Device for determining the direction of radio waves of info range from a bright counter object

A.G. Chernyavsky,
2nd year undergraduate,
V.F. Yanushkevich,
Ph. D., Associate Professor,
S.P. Alieva,
Senior teacher;
Department of Power Engineering and Electronics,
Faculty of Computer Science and Electronics, Polotsk State University

Abstract. *This article is devoted to the development of a device for determining the direction of the arrival of radio waves in the infrared (IR) range from a brightly contrasting object, as well as an analysis of radar methods. Conducted a review of the main physical phenomena that directly affect the radar. The assessment of the most promising parts of the device for achieving the research goal has been carried out. The characteristics of the main parameters of the key elements of the device are given. The research results can be used to develop a device for determining the direction of the flow of infrared radio waves from a brightly contrasting object.*
Keywords: *radar, radar, radiation, microcontroller, receiver, sensor.*

Введение

Определение направления прихода физических величин является одним из важнейших аспектов в радиолокационных системах.

Радиолокация – область науки и техники, объединяющая методы и средства локации (обнаружения и измерения координат) и определения свойств различных объектов с помощью радиоволн. Близким и отчасти перекрывающимся термином является радионавигация, однако в радионавигации более активную роль играет объект, координаты которого измеряются, чаще всего это определение собственных координат. Основное техническое приспособление радиолокации – радиолокационная станция (РЛС).

Различают активную, полуактивную, активную с пассивным ответом и пассивную радиолокацию. Радиолокаторы различаются по используемому диапазону радиоволн, по виду зондирующего сигнала, числу применяемых каналов, числу и виду измеряемых координат, месту установки РЛС.

Выделяют два вида радиолокации:

1. Пассивная радиолокация основана на приеме собственного излучения объекта;

2. При активной радиолокации радар излучает свой собственный зондирующий сигнал и принимает его отраженным от цели. В зависимости от параметров принятого сигнала определяются характеристики цели.

Активная радиолокация бывает двух видов:

– с активным ответом – на объекте предполагается наличие радиопередатчика (ответчика), который излучает радиоволны в ответ на принятый сигнал. Активный ответ применяется для опознавания объектов, дистанционного управления, а также для получения от них дополнительной информации (например, количество топлива, тип объекта и т.д.);

– с пассивным ответом – запросный сигнал отражается от объекта и воспринимается в пункте приема как ответный.

Для просмотра окружающего пространства РЛС использует различные способы обзора за счет перемещения направленного луча антенны РЛС:

– круговой;
– секторный;
– обзор по винтовой линии;
– конический;
– по спирали;
– «V» обзор;
– линейный.

В соответствии с видом излучения РЛС делятся на:

– РЛС непрерывного излучения;
– импульсные РЛС.

Радиолокация основана на следующих физических явлениях:

– радиоволны рассеиваются на встретившихся на пути их распространения электрических неоднородностях (объектами с другими электрическими свойствами, отличными от свойств среды распространения). При этом отраженная волна, также, как и собственно излучение цели, позволяет обнаружить цель;

– на больших расстояниях от источника излучения можно считать, что радиоволны распространяются прямолинейно и с постоянной скоростью, благодаря чему имеется возможность измерять дальность и угловые координаты;

– частота принятого сигнала отличается от частоты излучаемых колебаний при взаимном перемещении точек приема и излучения (эффект Доплера), что позволяет измерять радиальные скорости движения цели относительно РЛС;

– пассивная радиолокация использует излучение электромагнитных волн наблюдаемыми объектами, это может быть тепловое излучение, свойственное всем объектам, активное излучение, создаваемое техническими средствами объекта, или побочное излучение, создаваемое любыми объектами с работающими электрическими устройствами [1-22].

Описание структурной схемы

Структурная схема данного устройства разрабатывалась на основании анализа и задач, которые должны выполнять и реализовывать проектируемое устройство.

В структурной схеме разрабатываемого устройства представленной на Рис. 1 можно выделить следующие функциональные блоки:

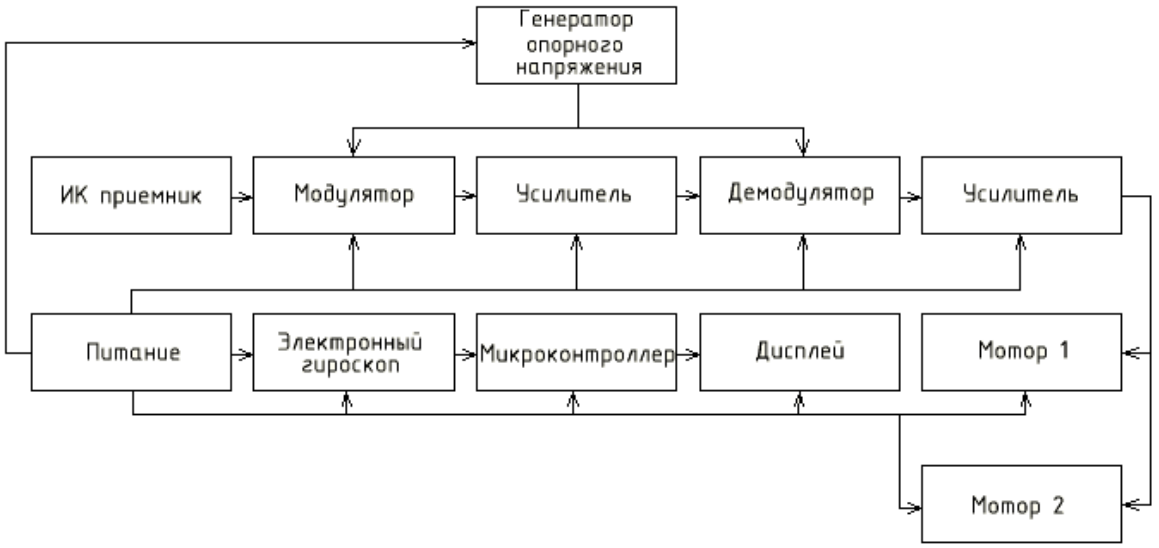


Рис. 1. Структурная схема устройства.

– ИК приемник; служит для получения инфракрасного излучения и передачи импульсов на моторы;

– модулятор; служит для модуляции входного сигнала;

– усилитель; усиливает сигнал;

– демодулятор; демодулирует входной сигнал;

– электронный гироскоп; служит для определения угла отклонения от нулевой точки и передачи значений на микроконтроллер;

– микроконтроллер; служит для управления полученными данными с электронного гироскопа, передачи их на жидкокристаллический дисплей и управления индикацией светодиодами;

– мотор 1; служит для перемещения конструкции по оси X;

– мотор 2; служит для перемещения конструкции по оси Y;

– дисплей; служит для индикации получаемых параметров.

– питание.

Результаты исследования

На схеме Рис. 1 находится 4 инфракрасных приемника; они работают попарно, т.е. каждая пара отвечает за поворот мотора по своей оси. При прохождении ИК излучения через линзу оно будет фокусироваться в определенной точке. Если пятно будет не равномерно освещать все пластины, то возникнет разность потенциалов и на выходе приемника формируется импульс, который подается на моторы. Если он положительный, то мотор двигается в одну сторону, а если отрицательный, то в другую. По такому же принципу работает и вторая пара приемника и мотора разница лишь в том, что каждая пара приводит в действие мотор, движущийся по своей оси: один – по оси X, а второй – по оси У.

Одновременно с работой моторов работает схема, отвечающая за выведение координат. Микросхема MPU6050 является главным элементом модуля GУ-531; она имеет акселерометр, гироскоп и температурный сенсор. Во время движения гироскопа и акселерометра получаемая информация хранится в регистрах микросхемы. Передача значения на микроконтроллер осуществляется через интерфейс I2C.

Микроконтроллер служит для управления и передачи сигналов на другие части цепи. После получения информации с датчиков микроконтроллер выводит данные на жидкокристаллический дисплей, который имеет 4 строки по 20 символов. На экране отображается информация, полученная и преобразованная от микросхемы MPU6050. На первой строке – значения по трем осям акселерометра, на второй – значения по трем осям гироскопа, на третьей – температура, на четвертой строке слева – углы отклонения по данным акселерометра и справа – поворот оси Z по данным гироскопа. Значения четвертой строки подсчитываются самим микроконтроллером.

Также на схеме есть 6 светодиодов, которые загораются в зависимости от положения модуля GУ-531 на оси У. Функциональная схема разрабатываемого устройства представлена на Рис. 2.

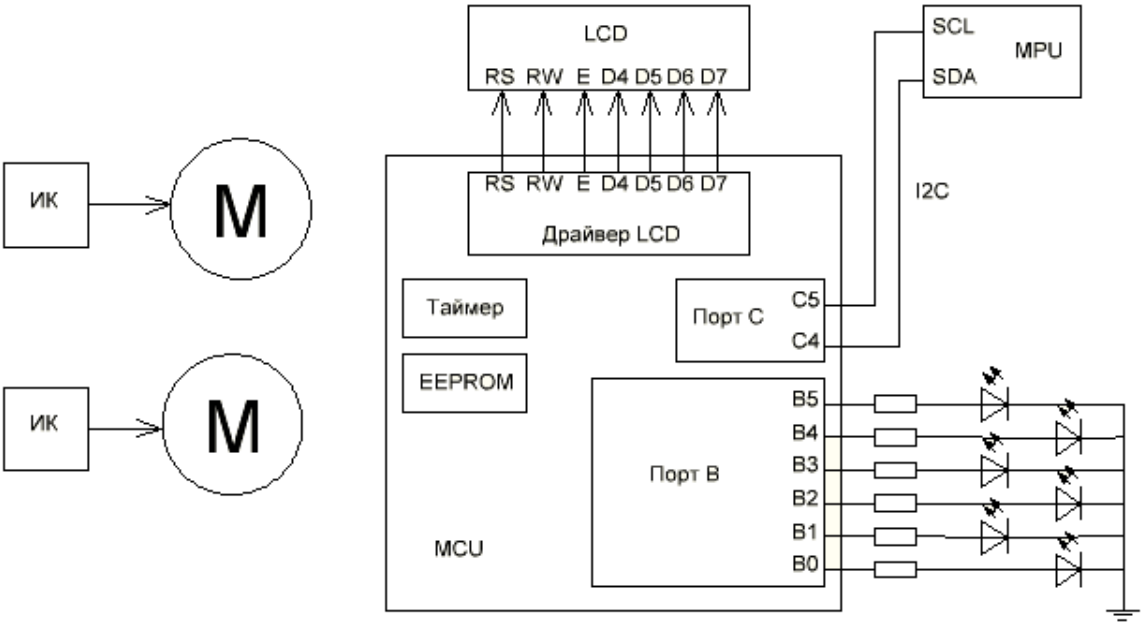


Рис. 2. Функциональная схема устройства.

Расчет компоновочных характеристик печатного узла

Размещение элементов необходимо произвести так, чтобы электрические соединения были минимальной длины, и при этом должен быть обеспечен 3 класс точности. Элементы следует расположить как можно более равномерно по всей площади печатной платы. Это обеспечит равномерное распределение механических нагрузок. Электронные соеди-нения находящиеся под высоким напряжением следует размещать как можно дальше от цифровых цепей. Расчетные данные занесены в Таблицу 1.

Суммарный объем V_Σ, мм^3 радиоэлементов:

$$V_\Sigma = \sum_{i=1}^{N} V_i n_i \qquad (1)$$

$$V_\Sigma = 103,788 + 68672 + 10053,94 + 833,976 + 40 + 750 + 46,2 + \\ + 41748 + 153,9 + 153,9 + 153,9 + 153,9 + 37,908 + 469,68 + \\ + 1878,72 + 1878,72 + 168,54 + 554,4 + 2000 + 9 + 277,2 + 585 + \\ + 585 + 1878,72 = 133186,392 \ \ мм^3$$

Исходя из принятого коэффициента заполнения блока, который для бытовой переносной и стационарной аппаратуры составляет 0,5 ... 0,7 (примем $к_{зV}$=0,5) определим объем самого блока формула (1.2).

$$V_{бл} = V_\Sigma / к_{з.V} \qquad (2)$$

$$V_{бл} = 133186,392 / 0,5 = 266372,784 \ \ мм^3$$

Таблица 1. Исходные и расчетные данные основного печатного узла

Элемент	Количество, шт.	Ширина, мм	Длина, мм	Высота, мм	Площадь, $мм^2$	Объем, $мм^3$
Микроконтроллер Atmega8	1	9,3	9,3	1,2	86,49	103,788
Индикатор LCD2004A	1	37,0	116,0	16,0	4292	68672
Резистор CMF608K2000D EBF	68	3,7	10,8	3,7	2717,28	10053,94
Диод КД103А	22	2,7	5,2	2,7	308,88	833,976
Источник тока Solar Energy	4	2	2	2,5	16	40
Светодиод АЛ307Б	6	5	5	5	150	750
Конденсаторы MAL215943681E3	68	2,0	3,5	0,2	231	46,2
Трансформатор ТП120	1	35,5	42,0	28,0	1491	41748
Стабилизатор LM7805	1	6,75	9,5	2,4	64,125	153,9
Стабилизатор КР142ЕН5А	1	6,75	9,5	2,4	64,125	153,9
Стабилизатор mc7905bt	1	6,75	9,5	2,4	64,125	153,9
Стабилизатор AMS1117	1	6,75	9,5	2,4	64,125	153,9
Стабилитрон Д814В	1	2,7	5,2	2,7	14,04	37,908
Транзистор КТ818А	1	9,5	10,3	4,8	97,85	469,68
Транзистор BC817DPN	4	9,5	10,3	4,8	391,4	1878,72
Транзистор 2N6043G	4	9,5	10,3	4,8	391,4	1878,72
Микросхема LF256	2	5,3	5,3	3	56,18	168,54
Микросхема КР590КН3	2	6,6	10,5	4	138,6	554,4
Микросхема MC1456	2	10	10	10	200	2000
Микросхема MPU6050	1	3	3	1	9	9
Микросхема К140УД7	1	6,6	10,5	4	69,3	277,2
Микросхема КР531ЛА3	1	7,5	19,5	4	146,25	585
Микросхема КР1533ТМ2	1	7,5	19,5	4	146,25	585

Суммарная площадь S_Σ, мм^2 радиоэлементов:

$$S_\Sigma = \sum_{i=1}^{N} S_i n_i \qquad (3)$$

$$S_\Sigma = 86,49 + 4292 + 2717,28 + 308,88 + 16 + 150 + 231 + 1491 + 64,125 +$$
$$+64,125 + 64,125 + 64,125 + 14,04 + 97,85 + 391,4 + 391,4 + 56,18 + 138,6 +$$
$$+200 + 9 + 69,3 + 146,25 + 146,25 + 391,4 = 11600,82 \ мм^2$$

При расчете площади печатной платы (ПП) для бытовой радиоэлектроаппаратуры (РЭА) принято учитывать коэффициент заполнения площади для стационарной РЭА, равного 1,05, получены значения площади ПП.

$$S_{бл} = S_\Sigma / \kappa_{з.S} \qquad (4)$$

$$S_{бл} = 11600,82 / 1,05 = 11678,1 \ мм^2$$

Из расчетов размер платы – 100×116 мм.

Для того чтобы ПП была универсальной, возьмем размер 100×116 мм.

Выбор микроконтроллера

Микроконтроллеры являются сердцем многих современных устройств и приборов, в том числе и бытовых. Самой главной особенностью микроконтроллеров, с точки зрения конструктора-проектировщика, является то, что с их помощью легче и зачастую гораздо дешевле реализовать различные схемы.

Микроконтроллер должен выполнять функции хранения информации в энергозависимой памяти, выводить информацию на дисплей, передавать и принимать информацию через интерфейс I2C и управлять светодиодной индикацией.

Требования, предъявляемые при выборе к микроконтроллеру:

– наличие FLASH-памяти необходимого объема, для хранения кода программы;

– микроконтроллер должен иметь энергонезависимую память;

– доступность в программировании и настройке;

– низкое отношение цена/качество;

– наличие интерфейса I2C.

Исходя из предъявляемых требований, был выбран микроконтроллер Atmega8 фирмы Atmel в корпусе типа TQFP.

Назначение выводов микроконтроллера Atmega8 приведено на Рис. 3.

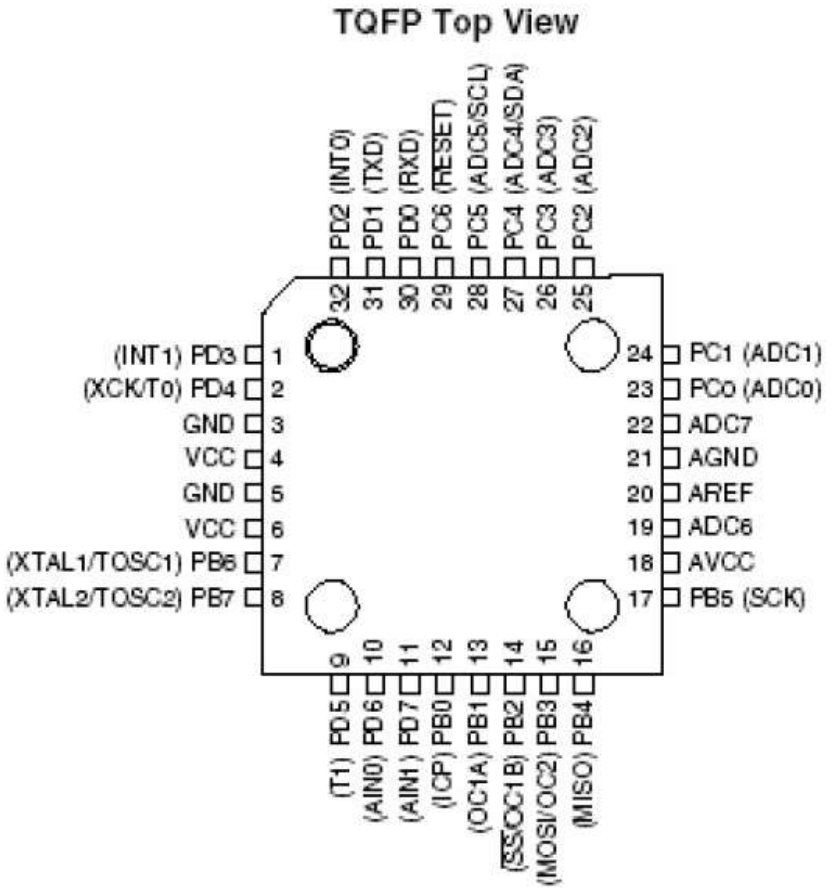


Рис. 3. Назначение выводов микроконтроллера Atmega8.

Заключение

В результате проектирования было разработано устройство определения направления прихода радиоволн инфракрасного диапазона от ярко контрастного объекта. Были решены следующие задачи:

1. Произведен анализ исходных данных и условий эксплуатации изделия; спроектирована структурная и функциональная схема.
2. Разработано техническое задание, в соответствии, с которым выбрана элементная база, отвечающая нужным параметрам.
3. Рассчитана схема электрическая принципиальная.
4. Разработана прошивка для микроконтроллера.
5. Проведены конструкторские расчеты, по которым спроектирован корпус.

Разработанная схема электрическая принципиальная является основой для разводки печатной платы, а разработка программного обеспечения обеспечит изделие требуемой функциональностью. Были выдержаны все требования, заявленные в техническом задании. Заключительным этапом в процессе проектирования стал подсчет экономической составляющей проекта и сформулированы требования к безопасной эксплуатации разработанного устройства.

Литература

1. Радиолокация [Электронный ресурс] – Режим доступа – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F – Дата доступа: 13.06.2017.

2. Оптоэлектронное устройство [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www.findpatent.ru/patent/227/2276795.html – Дата доступа: 13.06.2017.

3. Устройство определения направления на источник звука [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www.findpatent.ru/patent/247/2476898.html- Дата доступа: 13.06.2017.

4. Устройство слежения за солнцем [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www.findpatent.ru/patent/257/2579169.html – Дата доступа: 13.06.2017.

5. Гироскоп [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://jurnal.nips.ru/ sites/default/files/%D0%90%D0%98%D0%9F%D0%98-1-2015-11.pdf – Дата доступа: 13.06.2017.

6. Стабилизатор напряжения [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/69437/KEC/7805.html – Дата доступа: 13.06.2017.

7. Стабилизатор напряжения [Электронный ресурс] – Режим доступа -http://html.alldatasheet.com/html-pdf/205691/ADMOS/AMS1117-3.3/154/1/AMS1117-3.3.html. Конденсаторы – Дата доступа: 13.06.2017.

8. Стабилизатор напряжения [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/12346/ONSEMI/MC7905BT.html – Дата доступа : 13.06.2017.

9. КР590КН3 [Электронный ресурс] – Режим доступа – https://lib.chipdip.ru/030/DOC001030102.pdf - Дата доступа: 13.06.2017.

10. LM7805 [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www.radioradar.net/datasheet_search/L/M/7/LM7805_TGS.pdf.html- Дата доступа: 13.06.2017.

11. КР142ЕН5А [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www.transistor.by/i/pdf/kr142en5a.pdf – Дата доступа: 13.06.2017.

12. mc7905bt [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://html.alldatasheet.com/html-pdf/205691/ADMOS/AMS1117 - 3.3/314/2/AMS1117-3.3.html. – Дата доступа: 13.06.2017.

13. ASW-09D [Электронный ресурс] – Режим доступа – https://lib.chipdip.ru/142/DOC001142072.pdf - Дата доступа: 13.06.2017.

14. KLS7-TS6601-11-180 [Электронный ресурс] – Режим доступа – https://lib.chipdip.ru/551/DOC001551938.pdf- Дата доступа: 13.06.2017.

15. АЛ307Б [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www.radiolibrary.ru/reference/led/al307b.html – Дата доступа: 13.06.2017.

16. LF256 [Электронный ресурс] – Режим доступа - http://www.platan.ru/shop/part/?part_numb=LF356N%2FNOPB&group=900005 – Дата доступа: 13.06.2017.

17. MC1456 [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www. alldatasheet. com/datasheet-pdf/pdf/128953/MOTOROLA/MC1456.html - Дата доступа: 13.06.2017.

18. IL4558 [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www. alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/87419/INTEGRAL/IL4558.html. – Дата доступа: 13.06.2017.

19. КР590КН3 [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://www. chipinfo.ru/dsheets/ic/590/590kn3.html – Дата доступа: 13.06.2017.

20. КД103А [Электронный ресурс] – Режим доступа – https://lib.chipdip.ru/ 249/DOC000249206.pdf - Дата доступа: 13.06.2017.

21. 2N6043G [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://pdf1. alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/171233/ONSEMI/2N6043G.html – Дата доступа: 13.06.2017.

22. BC817DPN [Электронный ресурс] – Режим доступа – http://assets. nexperia.com/documents/data-sheet/BC817DPN.pdf – Дата доступа: 13.06.2017.

Расчет и схемотехническое моделирование усилителя мощности на полевом транзисторе в среде MicroCap

Н.К. Галкин,
студент 6 курса кафедры радиоэлектронных систем и комплексов
факультета радиоэлектроники и лазерной техники
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: galkin.nk@yandex.ru

Аннотация. *В работе проводится эскизный расчет усилителя мощности (УМ) с использованием полевого транзистора. Проводится проектирование и анализ источника питания. Показано влияние изменения напряжения электропитания на работу УМ.*

Ключевые слова: *усилитель мощности, полевой транзистор, источник питания, схемотехническое моделирование.*

Calculation and circuitry modeling power amplifier on the field transistor in the MICROCAP environment

N.K. Galkin,
6th year student of the Department of Radioelectronic Systems and Complexes
of the Faculty of Radioelectronics and Laser Technology
Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The paper is sketching the power amplifier (mind) using the field transistor. Design and analysis of the power supply is carried out. The effect of changes in the power supply voltage to work the mind is shown.*
Keywords: *power amplifier, field-effect transistor, power source, schematic modeling.*

Основную часть радиолокационных систем (РЛС) различного назначения, системы радиоуправления составляют приемо-передающие элементы и антенны; классификационная база приемо-передающих модулей очень обширна. Они распространены во всем мире и применяется повсеместно – от телекоммуникационных систем и спутниковых систем навигации до систем обнаружения воздушных, морских и наземных объектов – для противоракетной обороны. В связи с этим важной задачей является моделирования приемо-передающих модулей, в частности, входящих в их состав, усилителей мощности (УМ) на полевых транзисторах, для оценки характеристик и дальнейшего производства.

Целью данной работы является эскизный расчет УМ на полевом транзисторе в среде MicroCap.

Моделирование УМ

Сначала в программе схемотехнического моделирования Microcap создается схема антенного контура. Рассчитывается емкость, которой будет скомпенсировано реактивное сопротивление. Далее проектируется промежуточный контур [1], в качестве которого выбирается полосовой фильтр (ПФ) с характеристикой Чебышева, с добротностью $Q = 60$, центральной частотой $f_0 = 2$ МГц, полосой пропускания $B = 50$ кГц, неравномерностью затухания в полосе пропускания $\Delta_a = a_{max} = 0{,}28$ дБ, гарантированным затуханием $a_{min} = 60$ дБ в полосе задерживания с граничными частотами $f_{s1} = 1{,}8$ МГц и $f_{s2} = 2{,}2$ МГц, подключаемого к антенному контуру с входным сопротивлением 50 Ом.

Выбирается параллельная схема электропитания УМ на полевом транзисторе. Производится расчет блокировочных индуктивностей и емкостей, а также разделительных конденсаторов, в стоковой цепи и в цепи смещения [2]. Далее обеспечивается работа в критическом режиме УМ, выбирается амплитуда входного сигнала, напряжение смещения и напряжение питания. Подсоединяется ПФ и антенный контур, и рассчитанный источник питания (ИП) [3]. Готовая схема модели реального УМ представлена на Рис. 1.

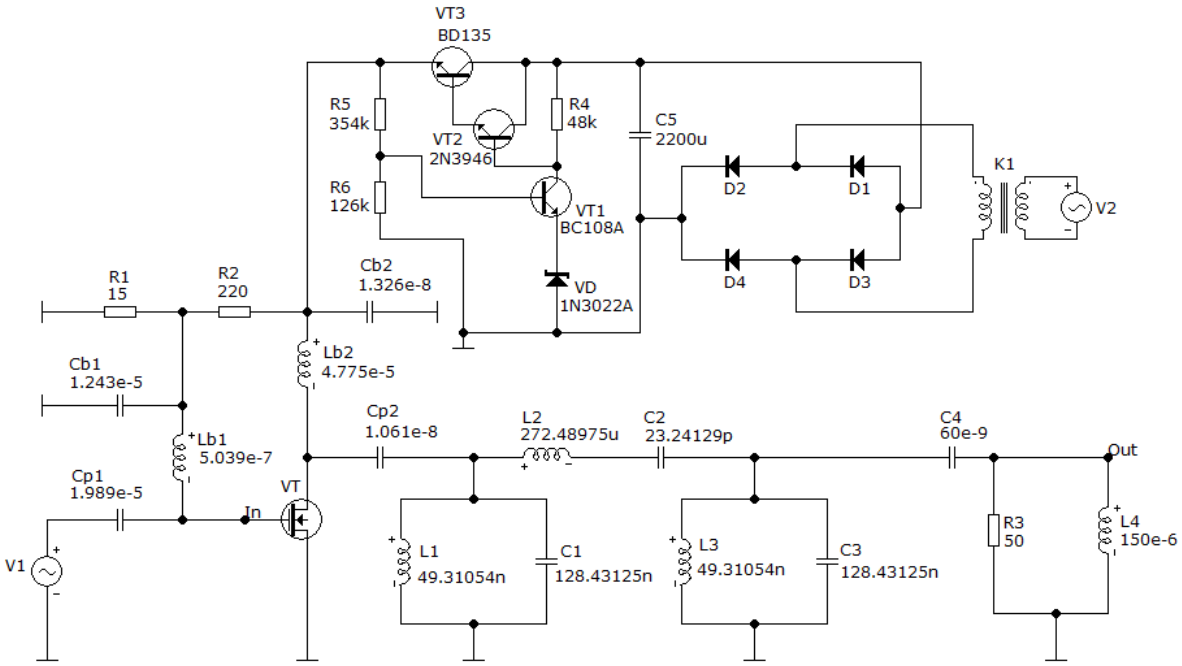


Рис. 1. Схема модели реального усилителя мощности.

Влияние напряжение питания на работу УМ

В программе Micro-Cap схема УМ настраивается на работу в граничном режиме, при напряжении питания $E_{num\ гр}$ = 36 В. Влияние изменения E_{num} на работу УМ рассматривается при условии, что напряжение и амплитуда входного сигнала, а также эквивалентное сопротивление нагрузки остаются неизменны. Строятся зависимости мощности и КПД от напряжения питания, Рис. 2 и 3.

Рис. 2. Значение мощности от изменения E_{num}

Рис. 3. Зависимость КПД УМ от изменения E_{num}

На Рис. 2 и 3 показано, что при увеличении напряжения питания до 48 В, т.е. $E_{num} > E_{num\ гр}$, происходит переход в недонапряженный режим, в котором величины $I_{к1}$, $I_{к0}$ и амплитуда напряжения на коллекторе $U_к$ растут крайне мало, следовательно, мощность $P_{н1}$ меняется также незначительно, а потребляемая мощность от ИП P_0 увеличивается пропорционально разности напряжения питания $\Delta E_{num} = E_{num} - E_{num\ гр}$. КПД, в свою очередь, уменьшается. Дальнейшее увеличение напряжения питания до $E_{num} = 60$ В ограничивается предельно допустимыми характеристиками транзистора. Напряжение сток-исток транзистора превышает свое максимальное значение ($V_{DS\,max} = 100$ В), Рис. 4.

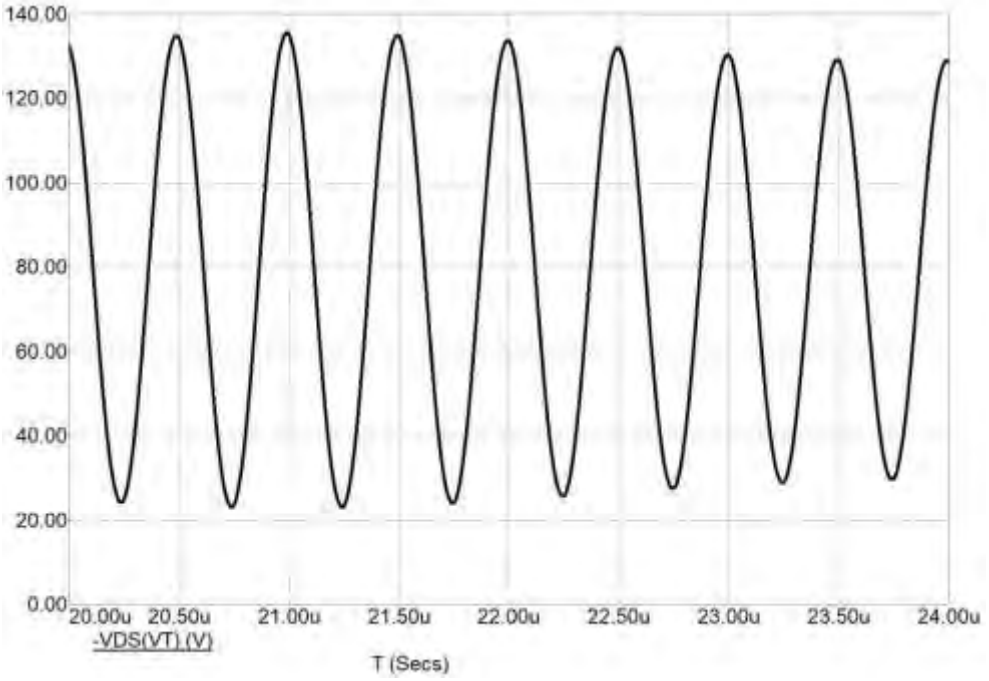
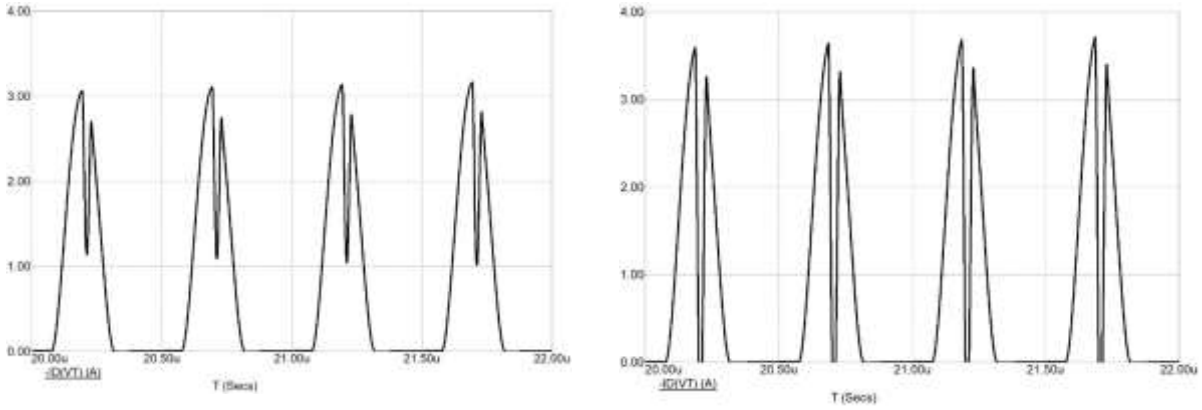


Рис. 4. Напряжение сток-исток при $E_{num} = 60$ В.

При снижении напряжения питания $E_{пит} < E_{пит\ гр}$ до 24 и 12 В наступают сначала слабо, а затем сильно перенапряженные режимы. В форме импульсов стокового тока появляются провалы, Рис. 5.



а) *б)*

Рис. 5. Форма импульсов тока стока:
а) при $E_{пит}$ = 24 В; б) при $E_{пит}$ = 12 В.

Вследствие этого, достаточно линейно снижаются как постоянная составляющая $I_{к0}$, так и первая гармоника $I_{к1}$, а мощности P_0 и $P_{н1}$ уменьшаются по зависимостям, близким к квадратичным. Величина КПД в перенапряженной области остается почти неизменной.

Далее проводится анализ КПД ИП при изменении выходного напряжения, Рис. 6.

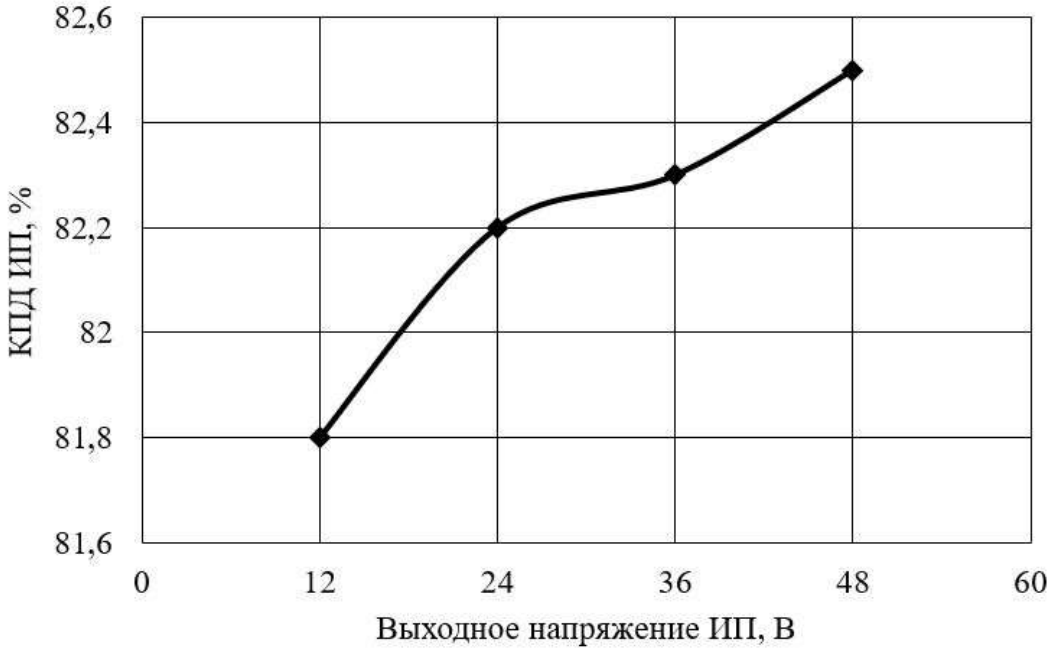


Рис. 6. Зависимость КПД ИП от изменения $E_{пит}$

Заключение

В результате моделирования показано, что при исходном коэффициенте передачи транзистор-контур КПД реального УМ снижается на 7 % по сравнению с идеальным и равняется 35,8 %.

При анализе напряжения питания выявлено, что при уменьшении выходного напряжения от 48 до 12 В, выходной ток, поступающий в нагрузку уменьшается, поскольку сопротивление нагрузки остается неизменным. Это уменьшение пропорционально изменению выходного напряжения. КПД ИП практически не изменяется. Мощность, рассеиваемая на транзисторах, не превышает максимально допустимые значения [4].

Литература

1. Щербина, Е.Г. Барышев, Ю.А. Расчет пассивных *LC*-фильтров. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи». Л – М.: МИИТ, 2002. – 36 с.

2. Радиопередающие устройства. Учебник для вузов / С.И. Дингес, Р.Ю. Иванюшкин, В.Б. Козырев и др.; под общей редакцией Р.Ю. Иванюшкина. – М.: Горячая линия - Телеком, 2019. – 1200 с.

3. ГОСТ 18953-73. Источники питания электрические ГСП. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 15 с.

4. Motorola TMOS Power MOSFET Transistor Device Data. [Электронный ресурс]. - URL: http://motorola.com/sps/ (дата обращения 10.05.2020).

Метод коррекции направления главной оси чувствительности наземной антенны, осуществляющей радиосвязь с ИСЗ

С.С. Тимохин,
студент 5 курса,
П.Г. Русанов,
к.т.н., доцент;
кафедра приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: timokhinss@student.bmstu.ru

***Аннотация**. Предложен метод коррекции направления оси чувствительности наземной антенны, ведущей непрерывный обмен радиосигналами в зоне прямой видимости с ИСЗ, движущимся по плоской круговой орбите, наклоненной к плоскости экватора. Метод коррекции текущей ориентации элементов карданова подвеса использует сравнение сигналов, прини-*

маемых четырьмя малыми боковыми наклонными антеннами, симметрично расположенными по отношению к оси чувствительности основной антенны.
***Ключевые слова**: антенна, оси карданова подвеса, углы ориентации, ось чувствительности, искусственный спутник Земли, линия прямой радиовидимости, канал связи, сигналы боковых антенн, алгоритм коррекции.*

Method for correcting the direction of the main axis of sensitivity of a ground antenna communicating with an artificial satellite

S.S. Timokhin,
5th year student,
P.G. Rusanov,
Ph.D., Associate professor;
Department of instruments and systems of orientation, stabilization and navigation,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

***Abstract.** The article proposes a method for correcting the direction of the sensitivity axis of a ground antenna conducting a continuous exchange of radio signals in the line of sight with an AES moving in a flat circular orbit inclined to the equatorial plane. The method of correcting the current orientation of the gimbal elements uses a comparison of the signals received by four small lateral oblique antennas, symmetrically located with respect to the sensitivity axis of the main antenna.*
***Keywords:** antenna, gimbal axes, orientation angles, sensitivity axis, artificial Earth satellite, direct line of sight, communication channel, signals from side antennas, correction algorithm.*

Взаимный обмен информацией между стационарным наземным пунктом с каждым доступным искусственным спутником Земли (ИСЗ) ведется по каналу связи в режиме прямой радиовидимости. Для поддержания высокого КПД канала связи необходимо обеспечить непрерывное совпадение направления оси чувствительности наземной антенны с линией прямой радиовидимости движущегося ИСЗ с наземного пункта. Эта задача решается с помощью специального автоматизированного технического устройства (Рис. 1). Его основание ориентировано по осям географической системы координат *ENUp*. Механизмы привода двухстепенного карданова подвеса обеспечивают программное сферическое движение приемо-передающей антенны относительно основания, описываемое углами $\alpha = \alpha(t)$ и $\beta = \beta(t)$.

Программа автоматического управления движением антенны учитывает навигационные координаты пункта наблюдения, суточное вращение Земли, расписание пребывания ИСЗ и траекторию его полета в зоне прямой радиовидимости с Земли.

Несмотря на это, в данной статье предложена дополнительная система автоподстройки направления оси чувствительности главной антенны, в которой используются 4 вспомогательных небольших антенны, диаметрально расположенных по краям ее зеркала (Рис. 1 и 2). В системе координат S_a *Oxyz*, с началом в точке пересечения осей карданова подвеса, центры боковых антенн 1 и 3 расположены в плоскости *Oxz*, а центры боковых антенн 2 и 4 – в плоскости *Oyz*. Взаимно пересекающиеся оси боковых антенн образуют с осью чувствительности *Oz* главной антенны одинаковый угол σ, равный 45 градусов: $\cos(\sigma) = \sin(\sigma) = \mu = \sqrt{2^{-1}}$.

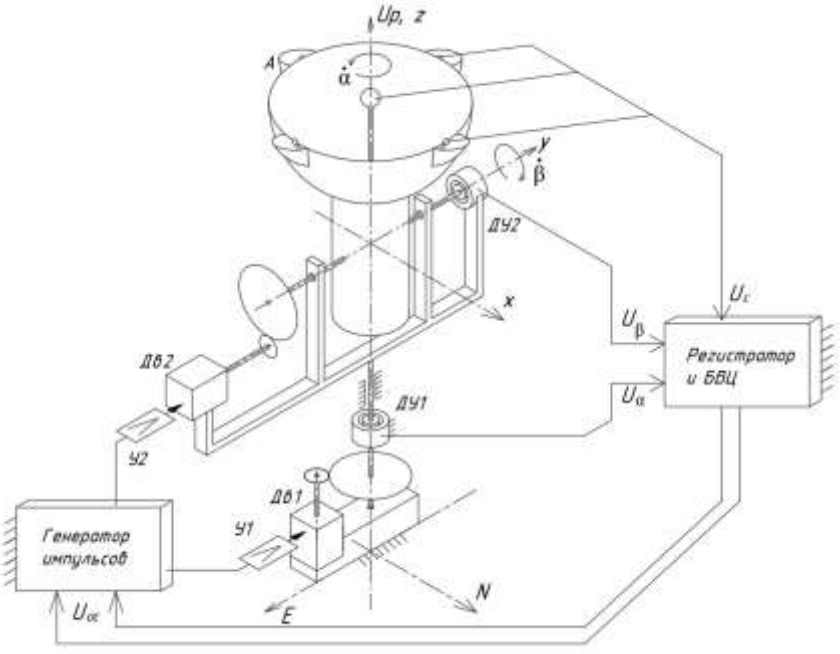


Рис. 1. Схема механизма управления антенной.

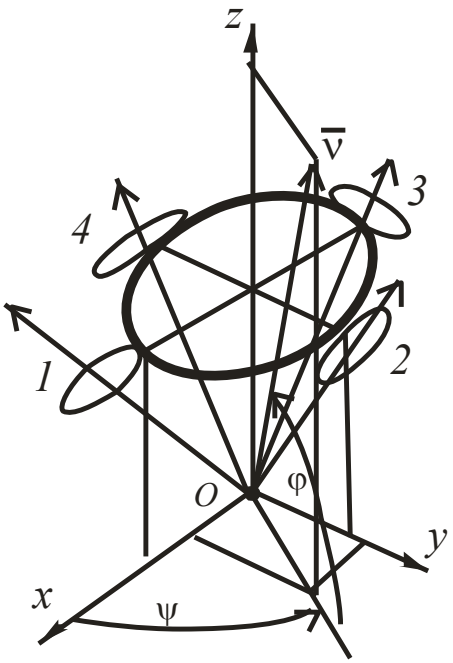


Рис. 2. Схема расположения боковых антенн.

Установим связь неизвестных углов ψ, φ текущего направления луча, задаваемого единичным вектором $\bar{\nu}$, от точки O к спутнику в системе координат S_a с известными текущими значениями p_k, $(k = 1, 2, 3, 4)$ интенсивности сигналов, воспринимаемых боковыми антеннами от электромагнитного излучения, идущего от передатчика ИСЗ в зоне прямой радиовидимости к поверхности Земли. Считаем, что при φ = 90 градусов интенсивности сигналов, воспринимаемых всеми боковыми антеннами, одинаковы.

Выполним расчет неизвестных углов ψ, φ, полагая, что

$$p_k = K\cos(\varepsilon_k), \quad (k = 1, 2, 3, 4), \tag{1}$$

где p_k – интенсивность сигнала, поступающего на k - тую боковую антенну, K – масштабный коэффициент, ε_k – угол, образуемый вектором $\bar{\nu}$ с единичным вектором $\bar{n}_k$ оси чувствительности k - той боковой антенны:
задаваемой в системе отсчета S_a единичным вектором $\bar{n}_k$:

$$\cos(\varepsilon_k) = \bar{v} \cdot \bar{n}_k;$$
$$\bar{v} = (c\varphi c\psi, c\varphi s\psi, s\varphi); \quad \bar{n}_1 = (\mu, 0, \mu); \quad \bar{n}_2 = (0, \mu, \mu); \quad \bar{n}_3 = (-\mu, 0, \mu); \quad \bar{n}_4 = (0, -\mu, \mu),$$

где $c\varphi, s\varphi$ и $c\psi, s\psi$ краткие обозначения тригонометрических функций cos и sin углов φ, ψ.

$$\begin{aligned} &\cos(\varepsilon_1) = \mu \cdot (c\varphi c\psi + s\varphi); \quad \cos(\varepsilon_2) = \mu \cdot (c\varphi s\psi + s\varphi); \\ &\cos(\varepsilon_1) = \mu \cdot (-c\varphi c\psi + s\varphi); \quad \cos(\varepsilon_4) = \mu \cdot (-c\varphi s\psi + s\varphi). \end{aligned} \tag{2}$$

С учетом полученных формул (2) для величин $\cos(\varepsilon_k)$, преобразуем (1) к системе (3), состоящей из 4-х уравнений относительно четырех функций $c\varphi, s\varphi$ и $c\psi, s\psi$:

$$\begin{aligned} &1) \quad c\varphi c\psi + s\varphi = q_1 = \frac{p_1}{K\mu}; \\ &2) \quad c\varphi s\psi + s\varphi = q_2 = \frac{p_2}{K\mu}; \\ &3) \quad -c\varphi c\psi + s\varphi = q_3 = \frac{p_3}{K\mu}; \\ &4) \quad -c\varphi s\psi + s\varphi = q_4 = \frac{p_4}{K\mu}. \end{aligned} \tag{3}$$

Из системы (3) с помощью операций почленного сложения левых и правых частей двух пар уравнений 1) и 3), а также 2) и 4) сначала находим:

$$\begin{aligned} &s\varphi = 0.5(q_1 + q_3); \quad s\varphi = 0.5(q_2 + q_4); \\ &\varphi = 0.5(\arcsin(0.5(q_1 + q_3) + \arcsin(0.5(q_2 + q_4)), \end{aligned} \tag{4}$$

а затем методом почленного вычитания левых и правых частей двух пар уравнений 1) и 3), а также 2) и 4) находим:

$$\begin{aligned} &c\varphi c\psi = 0.5(q_1 - q_3); \\ &c\varphi s\psi = 0.5(q_2 - q_4); \\ &\psi = \text{arctg2}(q_2 - q_4, q_1 - q_3). \end{aligned} \tag{5}$$

Набор формул (1) - (5) представляет собой алгоритм расчета углов φ, ψ, задающих в системе отсчета S_a ориентацию луча $\bar{\nu}$, идущего от ИСЗ к месту расположения антенны. Чтобы устранить отклонения оси чувствительности Oz главной антенны от направления вектора $\bar{\nu}$, необходимо изменить ориентацию антенны по отношению к основанию приемного устройства. Новые значения углов α, β ориентации осей карданова подвеса антенны должны удовлетворять матричному уравнению (6):

$$A(\alpha,\beta) = A(\psi,\varphi) \cdot A(\alpha_0,\beta_0), \tag{6}$$

где, соответственно, $A(\psi,\varphi)$, $A(\alpha_0,\beta_0)$, $A(\alpha,\beta)$ – матрицы направляющих косинусов, задающих ориентацию луча $\bar{\nu}$ относительно S_a и двух вариантов направлений осей системы S_a (неточного и точного) относительно основания; α_0, β_0 – значения углов в текущий момент времени.

Предложенный физический принцип непрерывной корректировки направления оси чувствительности главной антенны относительно подвижной Земли позволяет добиться обмена радиосигналами наибольшей интенсивности с ИСЗ и снизить влияние помех на порог чувствительности приемо-передающей антенны.

Литература

1. Курс теоретической механики. Учебник для вузов / В.И. Дронг, В.В. Дубинин, М.М. Ильин и др.; Под общ. ред. К.С. Колесникова. 5-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 584 с.

2. Ишлинский, А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. – М.: Наука, 1979. – 672 с.

3. Августов, Л.И., Бабиченко, А.В., Орехов, М.И., Сухоруков, С.Я., Шкред, В.К. Навигация летательных аппаратов в околоземном пространстве. – М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. – 592 с.

Алгоритм автоматического сближения летательного аппарата с целью

Г.Ю. Холоимов,
студент 6 курса,
П.Г. Русанов,
к.т.н., доцент;
кафедра приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: georgij-kholoimov@yandex.ru

***Аннотация**. Предложен алгоритм управления пространственным движением центра масс пилотируемого или беспилотного летательного аппарата (ЛА), позволяющий осуществить его сближение с другим подвижным или неподвижным объектом в автоматическом режиме в отсутствии прямой видимости. Метод управления движением ЛА использует информацию о текущих положениях и скоростях центров масс двух тел, поступающую из внешних источников. В данном случае ЛА рассматривается как кибернетическое устройство, обладающее способностью к самоорганизации собственного движения в сложившейся ситуации. Выбор траектории полета ЛА в режиме сближения происходит без участия пилота, но с учетом допускаемой физической перегрузки его организма. Эффективность предложенного метода сближения продемонстрирована на численных примерах.*
***Ключевые слова**: сближение, координаты, скорость, ускорение, маневр, перегрузка, тактовый шаг обработки информации.*

Algorithm for automatic approach of an aircraft with a target

G.Yu. Kholoimov,
6th year student,
P.G. Rusanov,
Ph.D., Associate professor;
Department of instruments and systems of orientation, stabilization and navigation,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

***Abstract**. The article proposes an algorithm for controlling the spatial motion of the center of mass of a manned or unmanned aerial vehicle, which allows it to approach another moving or stationary object in automatic mode in the absence of line of sight. The aircraft motion control method uses information about the current positions and velocities of the centers of mass of two bodies, which*

comes from external sources. In this case, the aircraft is considered as a cybernetic device with the ability to self-organize its own movement in the current situation. The choice of the flight trajectory of the aircraft in the rendezvous mode occurs without the participation of the pilot, but taking into account the permissible physical overload of his body. The effectiveness of the proposed method is demonstrated by numerical examples.
Keywords: *convergence, coordinates, speed, acceleration, maneuver, overload, clock step of information processing.*

Сложность решения навигационных задач сближения современных летательных аппаратов (ЛА) с другим целевым объектом обусловлена жесткими ограничениями на длительность интервала времени, отводимого на выбор кинематических параметров маневра в быстроменяющихся условиях. За короткое время интеллектуальный блок управления ЛА обязан оценить вероятность реализации сближения в сложившейся ситуации с учетом физических и территориальных ограничений на область доступного воздушного пространства, а также на технические параметры ЛА, после чего выбрать соответствующую стратегию сближения и сформировать оптимальные командные воздействия на органы управления полетом ЛА.

Постановка задачи исследования. Ставится задача разработать стратегию и алгоритм сближения ЛА, моделируемого точкой *A,* с каким-либо другим целевым объектом, моделируемым точкой *B*, за ограниченное время τ на расстояние, менее заданной величины *d* (*AB* < *d*). Известны начальные положения и скорости этих точек относительно Земли для момента времени $t = 0$. Заданы ограничения на модули скоростей точек *A* и *B* ($v_A \le 2v_{\max}$, $v_B \le v_{\max}$) и величину $n_g = \frac{a_n}{g} \le n_{\max}$ перегрузки точки *A* в нормальном направлении к ее траектории полета, где a_n – нормальное ускорение точки *A* в ее движении по отношению к Земле, *g* – ускорение поля силы тяжести. Закон движения точки *B* заранее неизвестен, но принадлежит к числу типовых движений, доступных для центров масс современных беспилотных ЛА. Информация о текущем положении и векторе скорости точки *B* дискретно поступает в автомат управления движением точки *A* с тактовым интервалом *h* секунд.

Метод решения задачи сближения. В основу стратегии сближения точки *A* с точкой *B*, рассчитанной на применение в произвольно сложившейся ситуации, положим принцип целенаправленного изменения ее положения и вектора ее скорости $\vec{v}_A$. Для краткости изложения модуль вектора $\vec{v}_A$ считаем постоянным $\left|\vec{v}_A\right| = \text{const} = v_0$.

Введем систему координат (СК) S_B с началом в т. *B*. Считаем, что СК S_B движется поступательно относительно СК S_0, жестко связанной с Землей. Векторы $\vec{p} = \vec{r}_A - \vec{r}_B$ и $\vec{U} = \vec{v}_A - \vec{v}_B$, расположенные в плоскости П (Рис. 1),

служат векторами положения и скорости точки A относительно СК S_B. С их помощью введем виртуальную СК S_1 с базисными единичными ортами

$$\vec{k}_0 = \frac{\vec{p}\times\vec{U}}{\left|\vec{p}\times\vec{U}\right|}, \quad \vec{r}_0 = \frac{\vec{p}}{|\vec{p}|}, \quad \vec{p}_0 = \vec{k}_0 \times \vec{r}_0, \tag{1}$$

где орт $\vec{k}_0$ перпендикулярен к плоскости П.

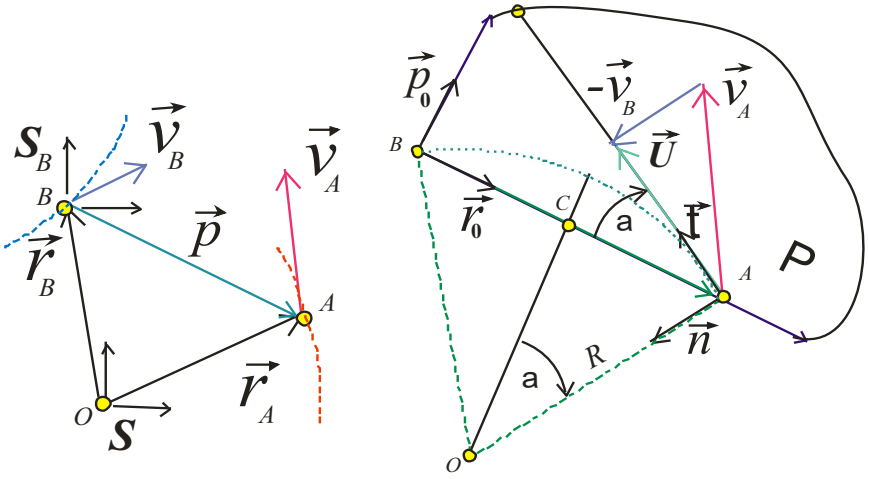


Рис. 1. Кинематические параметры движения т. A в плоскости П.

Сначала рассмотрим эскизный вариант рабочей гипотезы сближения точки A с точкой B. Предположим, что на протяжении заданного шага времени h точка A равномерно движется к точке B по дуге окружности радиуса R, соединяющей точки A и B, со скоростью $\vec{U}$. Радиус дуги связан с углом α наклона вектора $\vec{U}$ к радиальному направлению в СК S_B:

$$R = \frac{BA}{2*\sin\alpha}, \quad BA = |\vec{p}|, \quad \sin\alpha = \frac{\vec{U}\cdot\vec{p}_0}{|\vec{U}|}. \tag{2}$$

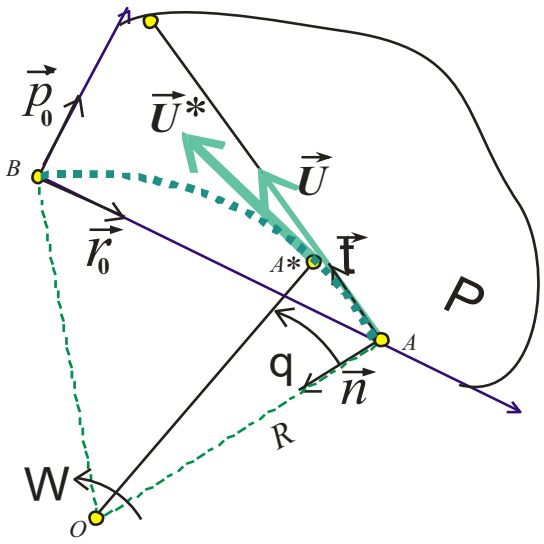


Рис. 2. Перемещение точки A относительно СК S_B за время h.

За малое время h точка A перейдет в положение точки A^*. Длина дуги $AA^* = s = Uh$, $\vec{U}^*$ – вектор скорости точки A в положении A^* (Рис. 2):

$$s = Uh = R\theta,\ \vec{U}^* = U\cos\theta\vec{\tau} + U\sin\theta\vec{n}, \tag{3}$$

$\vec{\tau},\ \vec{n},\ \vec{b},\ \ (\vec{b} = \vec{k}_0)$ – орты естественного трехгранника, сопровождающего точку A при ее движении по дуге окружности.

Пусть в СК S к концу i – того шага, длиной h секунд, точка B имеет скорость $\vec{v}_B^*$. Тогда, согласно определению $\vec{U} = \vec{v}_A - \vec{v}_B$, в момент времени $t_{i+1} = t_i + h$ вектор скорости точки A должен отвечать соотношениям (4):

$$\vec{v}_A^* = \vec{v}_B^* + \vec{U}^*;\quad \vec{v}_A^{**} = v_0\left(\frac{\vec{v}_A^*}{|\vec{v}_A^*|}\right) \tag{4}$$

а также ограничению на максимальную величину допустимой перегрузки точки A в нормальном направлении к ее траектории по отношению к Земле.

$$a_n = \frac{|\vec{v}_A^* - \vec{v}_A|}{h} \le n_{\max} g \tag{5}$$

Для начального варианта гипотезы сближения точка A, двигаясь, предположительно равномерно, по дуге $s = BA = 2R\alpha$, для сближения с точкой B, затратит на это время t_1, равное

$$t_1 = \frac{s}{U} = \frac{2R\alpha}{U} = \frac{AB\cdot\alpha}{U\sin\alpha} = t_{\min}\frac{\alpha}{\sin\alpha} \ge t_{\min} = \frac{AB}{U}.$$

Далее рассмотрим более «жесткий» вариант принуждения точки A к сближению с точкой B. Время равномерного движения точки A по плоскости П до точки B будет, очевидно, меньше, чем при ее движении по дуге окружности AB, при более короткой траектории. Например, если та состоит из дуги окружности AD радиуса ρ и отрезка прямой DB (Рис. 3).

Исходную величину радиуса ρ дуги окружности AD в виртуальной плоскости П $\rho = \frac{U}{\Omega} = \frac{Uh}{\theta};\quad \theta = \frac{Uh}{\rho}$ согласуем с величиной допустимой перегрузки $n_g = \frac{a_n}{g} \le n_{\max}$ точки A в нормальном направлении к ее траектории по отношению к Земле. В связи с этим на каждом шаге расчета величину a_n, оцениваемую по формуле (5), используем для проверки технической возможности обеспечить расчетное значение вектора скорости т. A.

$$\rho_A = \frac{v_0^2}{a_n} \ge \rho_{A,\min} = \frac{v_0^2}{n_{\max} g}$$

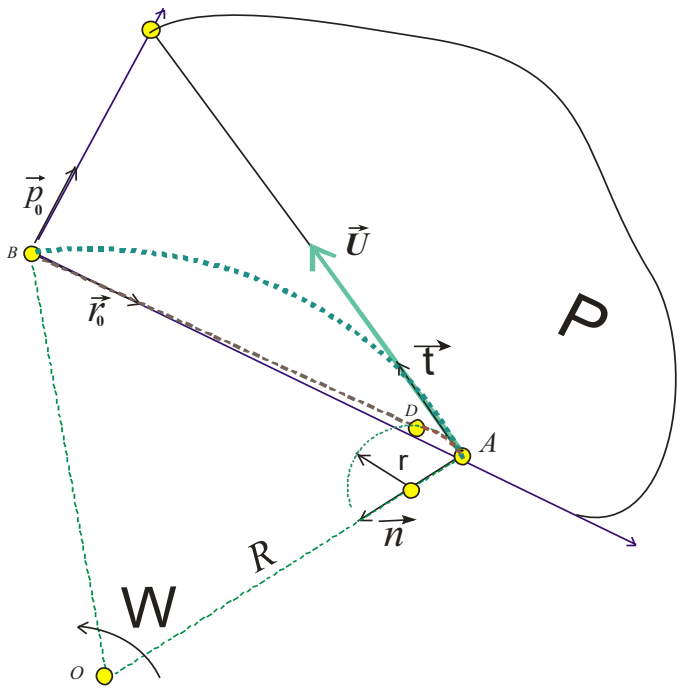


Рис. 3. Составная траектория т. A в плоскости П.

С помощью недлинной цепочки последовательных вычислений, начиная с расчета радиуса R или выбора величины радиуса ρ, и кончая расчетом вектора скорости $\vec{v}_A^{**}$, мы получаем возможность корректировать первично выбранную величину радиуса ρ.

При малых значениях угла α $|\alpha| \le \alpha_0$ алгоритм сближения предусматривает переключение движения точки A с дуги окружности радиуса ρ на прямолинейный участок сближения DB, где

$$\vec{v}_A^{*} = \vec{v}_B^{*} + (-U \cdot \vec{r}_0); \quad \vec{v}_A^{**} = v_0 \left(\frac{\vec{v}_A^{*}}{|\vec{v}_A^{*}|}\right). .$$

Эффективность предложенного алгоритма сближения проверена на тестовых вариантах технических характеристик ЛА, нескольких типов движения точки B и различных вариантов начальных условий.

В качестве основных используемых параметров полета ЛА точки A в расчетах выступают: v_0 – постоянный модуль скорости центра масс ЛА относительно Земли и $n_{\max}$ – величина перегрузки в нормальном направлении к вектору скорости $\vec{v}_A$. Для них приняты значения: v_0=200 м/с и $n_{\max} = n\,g$.

Три варианта сближения точек A и B для трех различных вариантов движения точки B представлены на Рис. 4, 5, 6. Их траектории относительно Земли изображены, соответственно, красными и синими линиями. Количество шагов итерации длиной h секунд, затраченных на достижение сближения, обозначено символом *Ki*.

Тест 1. Движение т. B по поверхности неподвижного тора (Рис. 4).

$R_{\text{оси}} = 1500$ м; $r_{\text{трубы}} = 1200$ м;

$V_1 = 13.5$ м/с; $V_2 = 120$ м/с;

$n = 3;\ K_i = 116;\ h = 0.5$ с.

V_1 – скорость движения точки В по подвижной вертикальной окружности радиусом r.

V_2 – скорость движения центра окружности радиусом r по горизон-тальной окружности радиусом R .

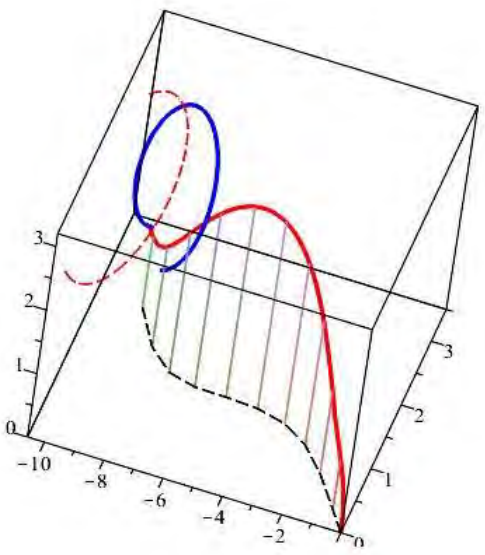


Рис. 4.

Тест 2. Фиксированное положение т. B (Рис. 5).

$n = 3;$

$K_i = 101;$

$h = 0.1$ с;

$v_B = 0$ м/с;

$\vec{r}_B = [X_B; Y_B; Z_B] = [-1333, 0, 1333]$ м.

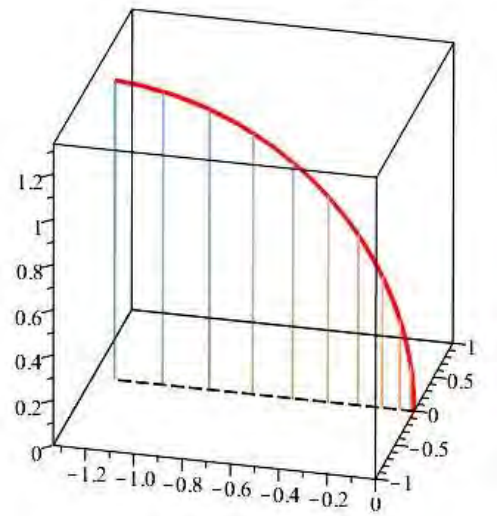


Рис.5.

Тест 3. Прямолинейное движение т. B с переменной скоростью (Рис. 6).

$n = 2;$

$K_i = 73;$

$h = 1\,\text{с};$

$\vec{v}_B = [0, 100 \cdot (1 + \sin(0.1t)), 0]$ м/с.

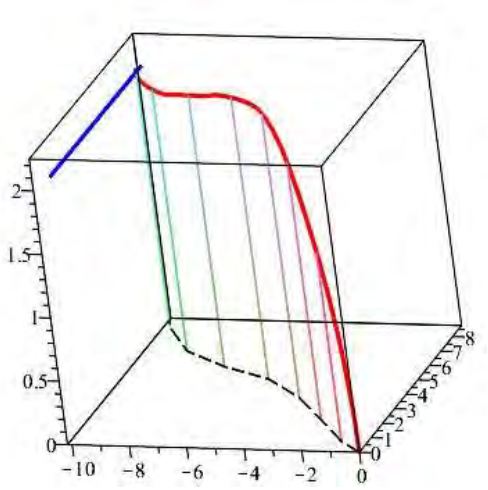


Рис. 6.

Разработанный алгоритм автоматизированного сближения учитывает физические условия, территориальные ограничения и технические параметры ЛА, обрабатывает большой объем получаемой извне информации. С его помощью можно формировать командные воздействия на органы управления ЛА, а также отображать как пространственные траектории полета, так и след траектории на навигационной карте поверхности Земли.

Литература

1. Курс теоретической механики. Учебник для вузов / В.И. Дронг, В.В. Дубинин, М.М. Ильин и др.; Под общ. ред. К.С. Колесникова. 5-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 584 с.

2. Августов, Л.И., Бабиченко, А.В., Орехов, М.И., Сухоруков, С.Я., Шкред, В.К. Навигация летательных аппаратов в околоземном пространстве. М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015. – 592 с.

Построение пути на карте с препятствиями

И.В. Бухтояров,
студент 5 курса,
И.Н. Кошкина,
студентка 5 курса;
кафедра космических приборов и систем,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: koshkinain@student.bmstu.ru

Аннотация. *Целью работы стало моделирование построения маршрута на сконфигурированной местности с препятствиями. Сконфигурирована двухмерная карта пространства, выбран подходящий для решения данной задачи метод градиентного спуска, построена карта потенциалов препятствий. Получена итоговая карта. Реализован градиентный метод построения маршрута.*
Ключевые слова: *построение маршрута, карта потенциалов, RRT метод построения маршрута, градиентный метод построения маршрута, Matlab, метод градиентного спуска.*

Motion planning with obstacles on map

I.V. Bukhtoyarov,
5 year student,
I.N. Koshkina,
5 year student;
Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The subject of the research was to simulate the construction of a route on a configured location with obstacles. A two-dimensional map of the space is configured, a gradient descent method suitable for solving this problem is selected, a map of obstacle potentials is built. Received the final map. A gradient method for constructing a route has been implemented.*
Keywords: *building a path; potential map; RRT path building method; gradient route building method, Matlab, gradient descent method.*

При решении задачи создания системы автоматического управления одной из важных проблем является нахождение и планирование маршрута от места старта до места назначения, по которому объект будет способен проследовать. Обычно для построения маршрута используют вероятностные методы, например, RRT метод построения пути (Рис. 1 - 4).

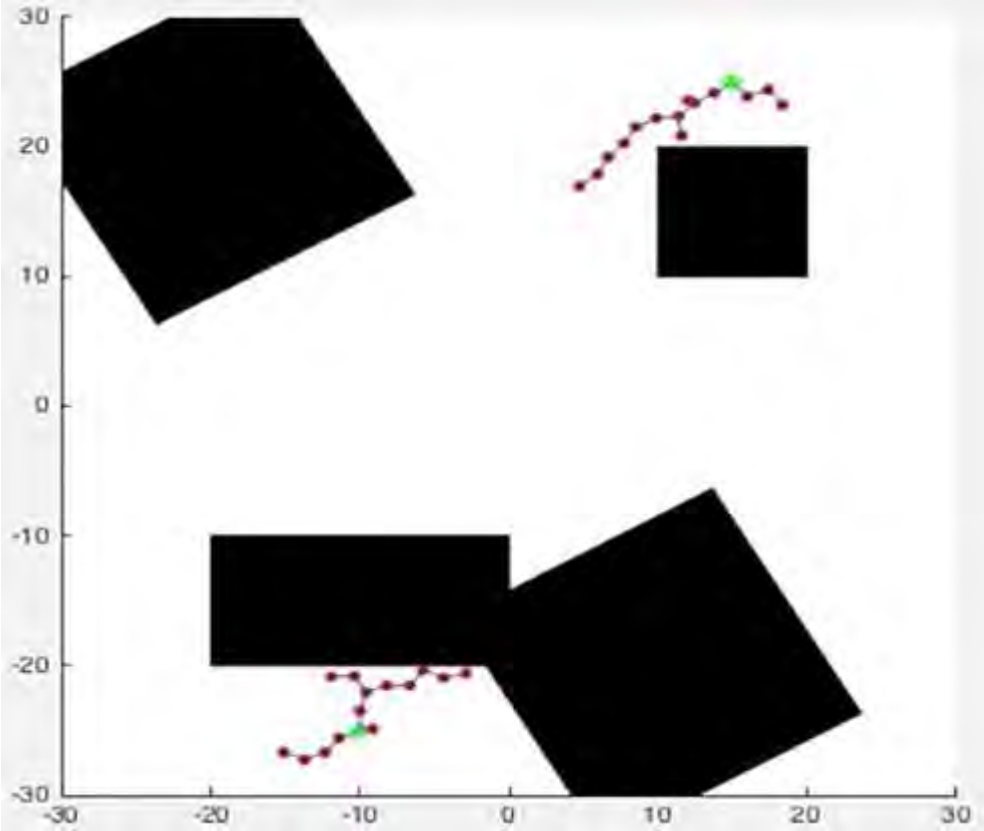


Рис. 1. Начало построения маршрута RRT методом.

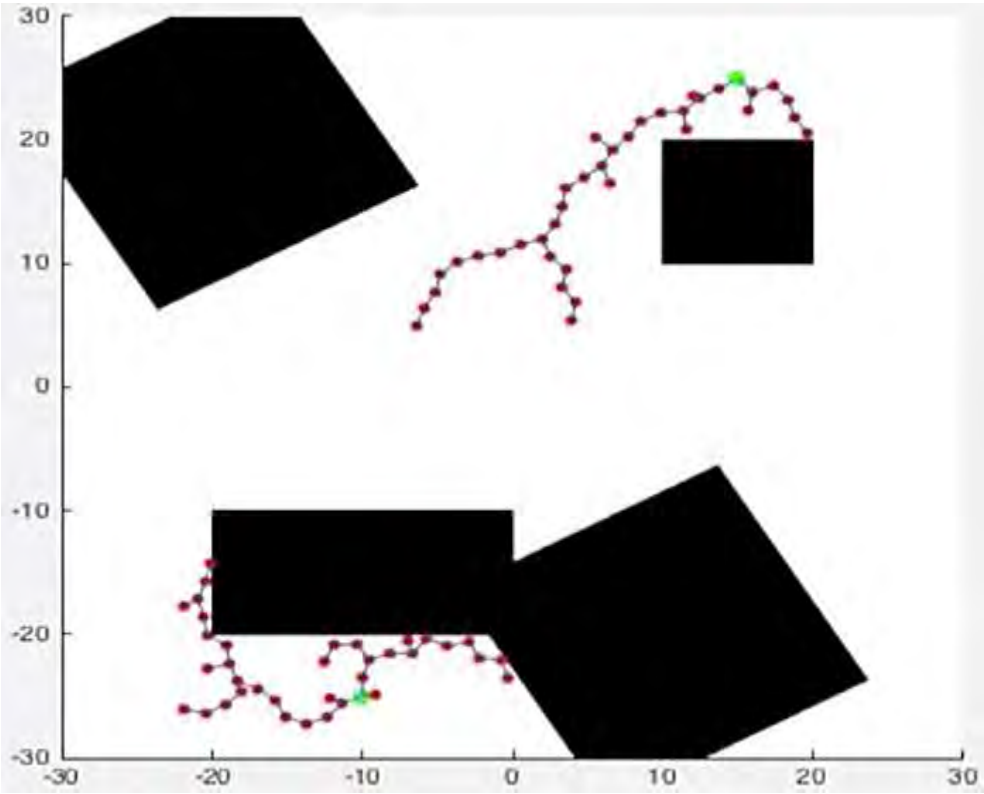


Рис. 2. Эволюция построения маршрута RRT методом.

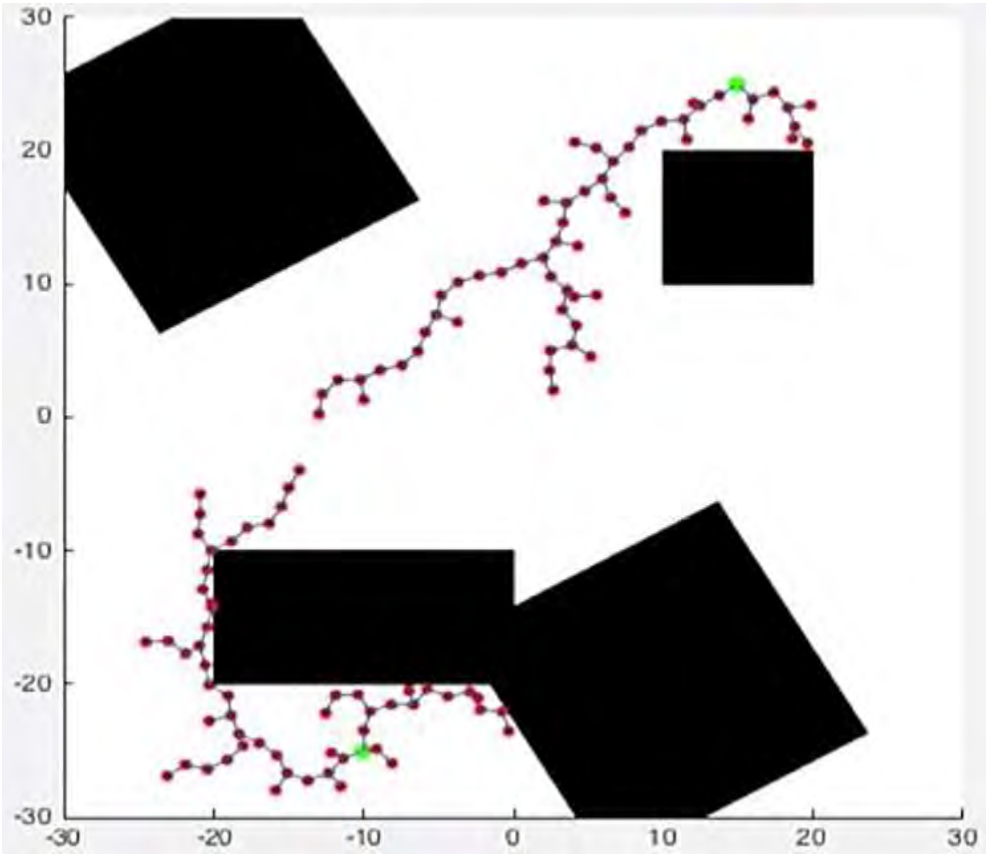


Рис. 3. Эволюция построения маршрута RRT методом.

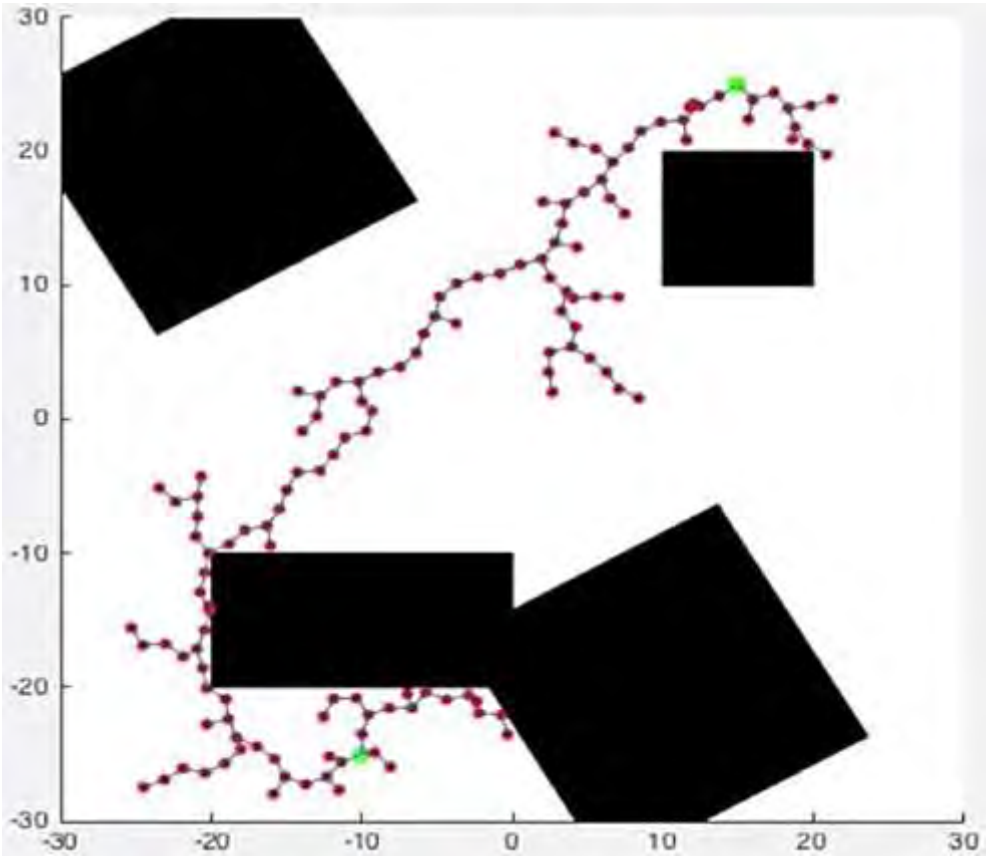


Рис. 4. Завершение построения маршрута RRT методом.

Алгоритм RRT (Rapidly Exploring Random Tree):

1. Создается изначально пустое дерево T.

2. Добавляется к T начальная конфигурация объекта, для которого строится путь.

3. В течение N итераций или пока не достигнута цель выполняется цикл:

3.1. Случайным образом делается выборка для узла R.

3.2. Находится в T ближайший к R узел. Этот узел называется K.

3.3. Делаются шаги по лучу от K до R на малую величину ε, пока не выполнится одно из следующих условий:

– при наличии пересечения с препятствием возвращаемся к созданию случайной выборки;

– в противном случае к T добавляется новый узел в этой конфигурации;

– если мы достигли максимального допустимого расстояния d от K, которое задается заранее, то возвращаемся к созданию случайной выборки.

4. Если узел цели теперь находится в пределах расстояния d от любого узла дерева, то построение маршрута завершено.

Как видно из результатов, построенный маршрут проходит вплотную с препятствием, такой исход почти всегда оказывается опасным для работы в реальных условиях, так как идеально придерживаться маршрута не представляется возможным. Сближение с препятствиями можно алгоритмически регулировать путем искусственного наращивания препятствий, а это крайне сильно замедляет скорость работы алгоритма. Также существенным недостатком данного метода является прохождение участков, где препятствия располагаются на небольшом расстоянии друг от друга; это связано с тем, что выборка для построения новых узлов дерева происходит случайным образом.

Другим методом решения поставленной задачи является метод оптимизации траектории движения на основе градиента, так как он позволяет регулировать степень сближения с препятствиями, а узкие места оказывают меньший отрицательный эффект на достижении цели. Исходя из этого, далее рассматривается реализация такого метода в программе Matlab 2019b.

Для начала требуется задать карту местности, на которой изначально заданы препятствия. Для этого строится двухмерная карта, где попиксельно помечаются области препятствий черным цветом, а место назначения помечается красным. Ее вид изображен на Рис. 5.

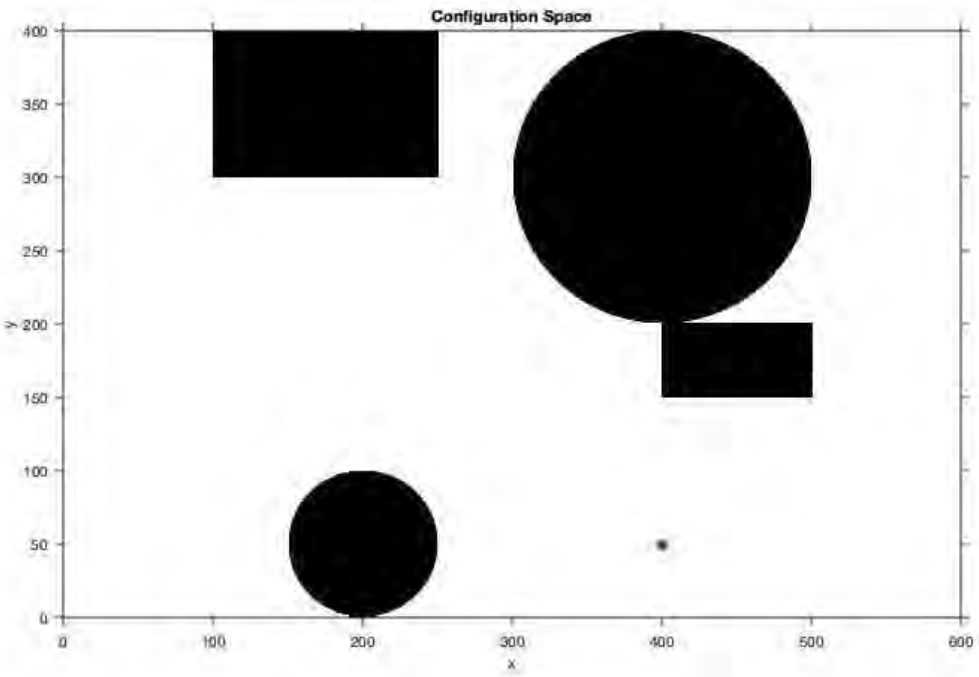


Рис. 5. Двухмерная карта сконфигурированного пространства.

Всем препятствиям присваиваем большое числовое значение, соизмеримое с габаритами сконфигурированного пространства, например, 200, для более наглядного визуального отображения. Затем для предотвращения коллизий объекта с препятствиями на границе помеченных областей выбирается некое допускаемое значение градиента, определяемое размерами объекта, для которого ищется путь. Вид карты потенциалов препятствий изображен на Рис. 6.

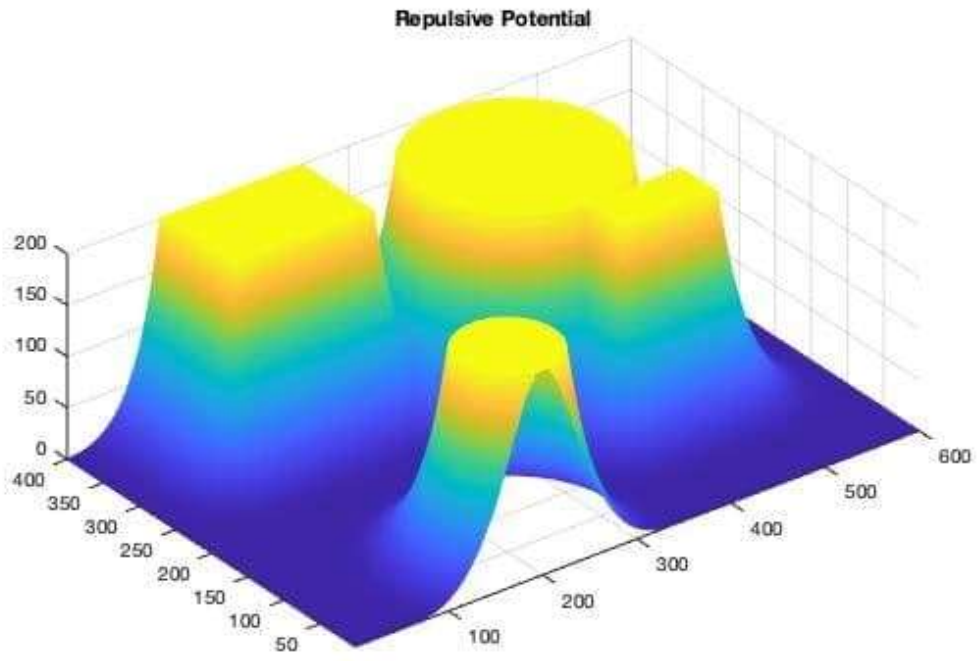


Рис. 6. Карта потенциалов препятствий.

Затем вводим поле потенциалов притяжения – некий параболоид, вершина которого будет находиться в пункте назначения. Вид представлен на Рис. 7.

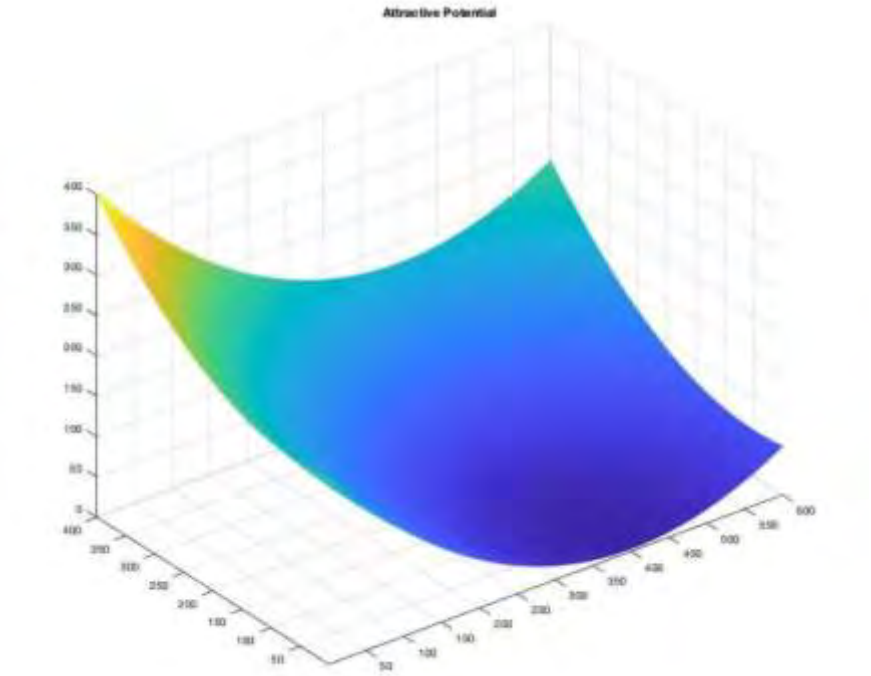


Рис. 7. Поле потенциалов притяжения.

Для получения итоговой карты следует объединить ранее сконфигурированные поле потенциалов препятствий и поле потенциалов притяжения. Ее вид изображен на Рис. 8.

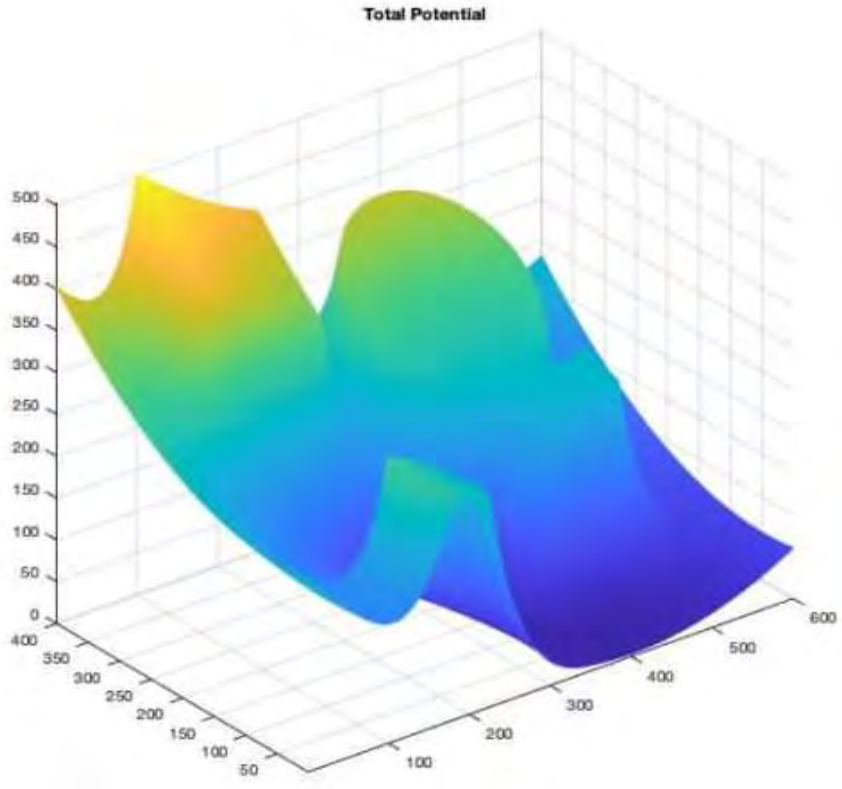


Рис. 8. Итоговая карта.

Далее методом градиентного спуска ищем минимум, при этом запоминая каждую итерацию спуска, чтобы получить траекторию спуска. Суть метода состоит в том, что следует искусственно создать отталкивающие потенциалы препятствий и притягивающий потенциал точки назначения, затем, учитывая оба этих фактора, применить метод градиентного спуска для поиска минимума.

Используя итоговую карту, начальное и конечное положения тела, можно применить метод градиентного спуска. Координата пункта назначения является точкой минимума построенной поверхности, следовательно, сутью данного метода является поиск минимума. Искать минимум в таком случае наиболее удобно и быстро с точки зрения вычислений именно методом градиентного спуска, при этом требуется запоминать каждый шаг спуска и проецировать его на изначально сконфигурированную карту для построения траектории.

Алгоритм:

1. Задается координата точки старта x □ E_n;
2. Задается параметр точности □ □> 0;
3. Задается начальный шаг □ □> 0;
4. В цикле выполняются следующие действия:

4.1. Вычисляется f(x);

4.2. Вычисляется $f'(x)$;

4.3. Проверка выполнения условия достижения заданной точности:

$$\|f'(x)\| < \varepsilon$$

– если условие выполняется, вычисление завершено, а $x^* = x$, $f^*=f(x)$;

– в противном случае находится y=x–□$f'(x)$ и f (y);

– если f(y) < f(x), то x = y, f(x) = f(y), далее возвращаемся к вычислению f(x);

– иначе задаем □=□/2.

Начальное и конечное положения представлены на Рис. 9.

Полученный маршрут представлен на Рис. 10.

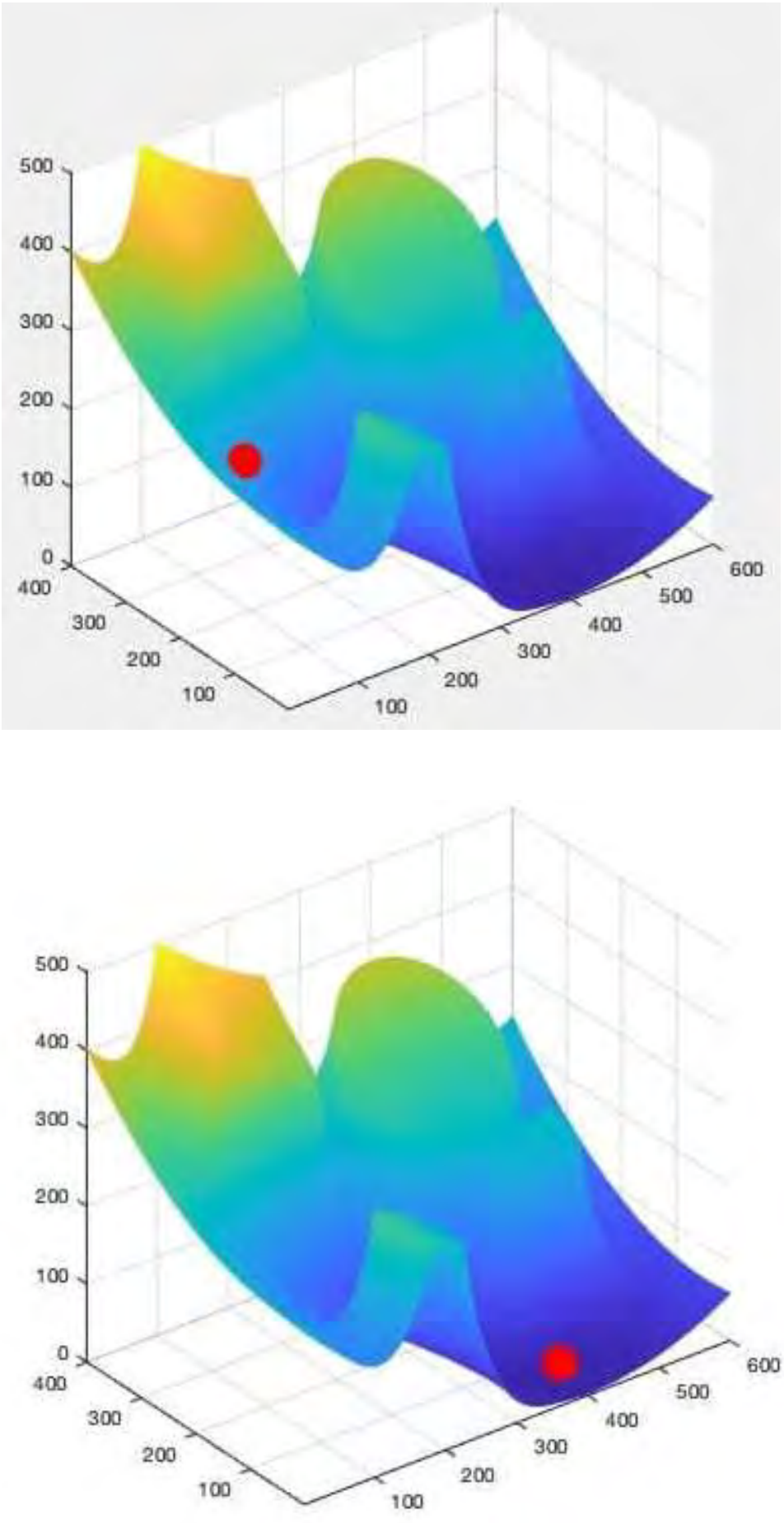


Рис. 9. Начальное и конечное положения объекта.

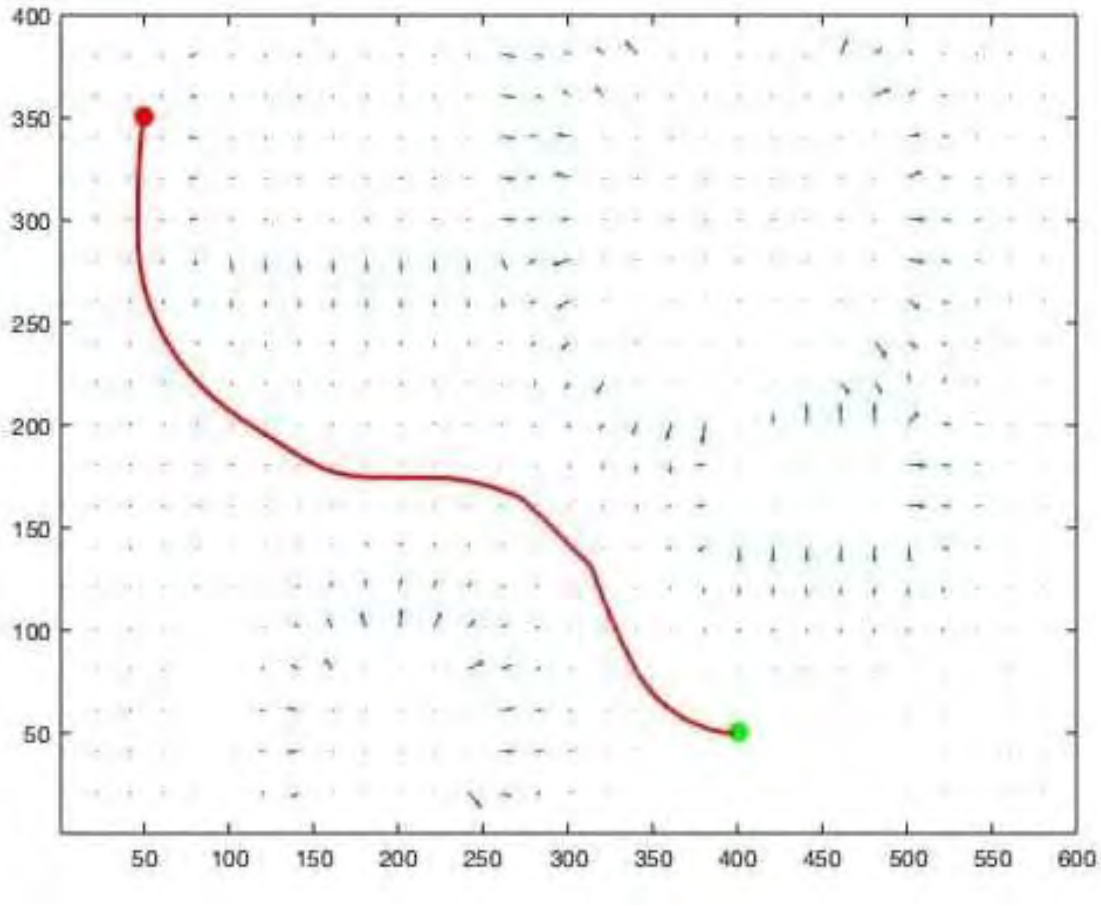


Рис. 10. Полученный маршрут.

В результате градиентный метод построения маршрутов продемонстрировал свою легкость в регулировании сближения с препятствиями, хорошую скорость работы, стабильность и гладкость построенной траектории. Также данный метод абсолютно лишен недостатков, присущих RRT методам.

Литература

1. Shen, Shaojie. Autonomous Navigation in Complex Indoor and Outdoor Environments with Micro Aerial Vehicles. Publicly Accessible Penn Dissertations. – 2014. – 1439 p.

2. Mellinger, Daniel Warren. Trajectory Generation and Control for Quadrotors. Publicly Accessible Penn Dissertations. – 2012. – 547 p.

Компактная бесплатформенная навигационная система (БИНС) на основе микромеханических чувствительных элементов

Н.Д. Семенков,
студент 5 курса,
Д.Б. Пазычев,
старший преподаватель;
кафедра космических приборов и систем,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: semenkov.nd@yandex.ru

Аннотация. *В работе описана разработка малогабаритной двухслойной многофункциональной платы корректируемой бесплатформенной инерциальной гировертикали с использованием электронных компонентов, находящихся в свободной продаже.*
Ключевые слова: *бесплатформенная инерциальная навигационная система, датчик угловой скорости, акселерометр, печатная плата, микроконтроллер, автоматизация проектирования электронных устройств.*

Compact strapdown navigation system (SINS) based on micromechanical sensing elements

N.D. Semenkov,
5th year student,
D.B. Pazychev,
senior lecturer;
Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The paper describes the development of a small-sized two-layer multifunctional board of an adjustable strapdown inertial gyro using electronic components that are on sale.*
Keywords: *strapdown inertial navigation system, angular rate sensor, accelerometer, printed circuit board, microcontroller, electronic design automation.*

Инерциальная навигационная система (ИНС) – техническое устройство, которое на борту любого объекта решает задачи ориентации и навигации.

Инерциальные навигационные системы делятся на:

– платформенные;

– бесплатформенные.

Основой платформенных ИНС служит трехосный управляемый гиростабилизатор, выполняющий функцию хранителя (задатчика) опорной системы координат. Углы крена, тангажа и курса измеряются механически датчиками угла на осях карданового подвеса.

Основу бесплатформенных ИНС составляет набор датчиков, закрепленных внутри его корпуса. Расчет углов крена, тангажа и курса, а также параметров навигации осуществляется в вычислителе с использованием специального алгоритма.

Цель данной работы заключалась в разработке малогабаритной двухслойной многофункциональной платы корректируемой бесплатформенной инерциальной гировертикали (БИГ), используя электронные компоненты, находящиеся в свободной продаже.

В рамках данной работы была разработана печатная плата компактной БИГ. В качестве рабочей среды проектирования была выбрана система автоматизированного проектирования электронных устройств KiCAD, так как она имеет открытый исходный код и распространяется бесплатно.

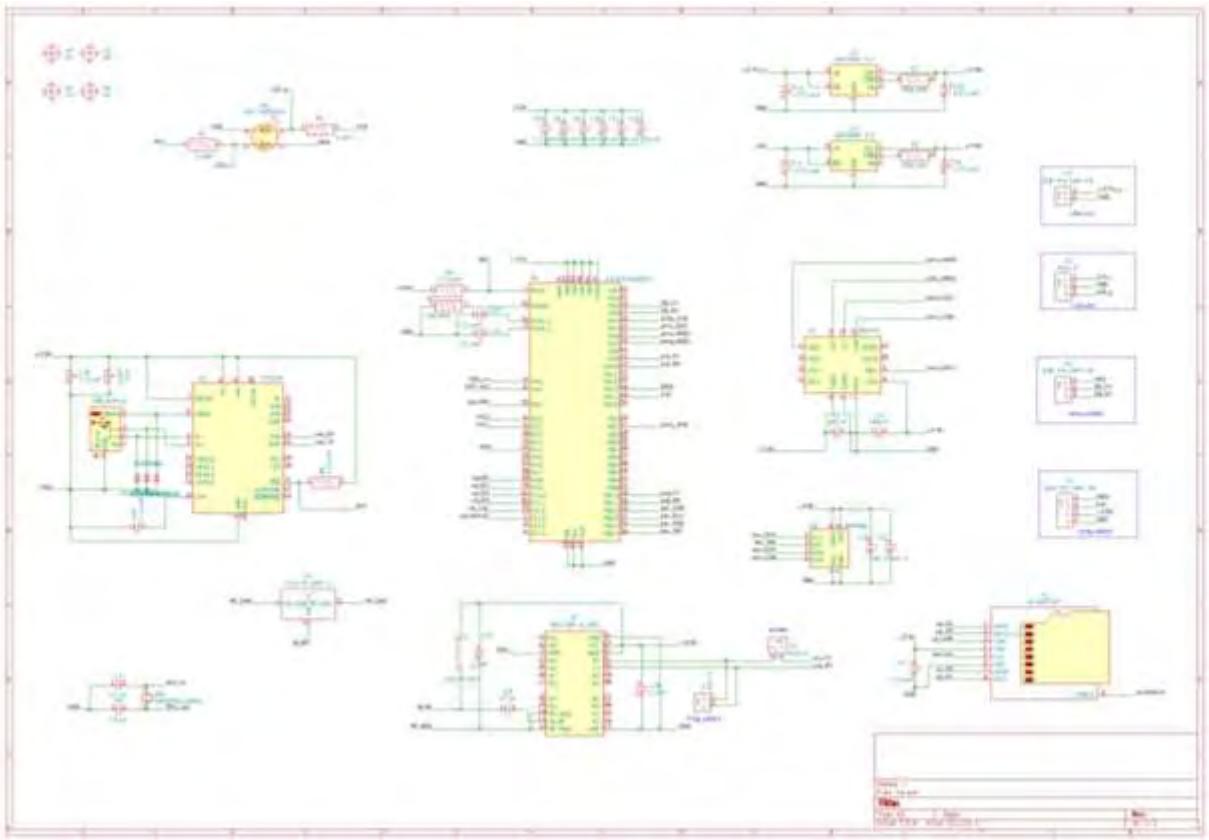


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема платы БИГ.

Основным измерительным прибором в данной БИГ является интегральная микросхема BMI270 фирмы Bosch, в состав которой входит трехосевой акселерометр с диапазоном измерений ускорений: ±2g/ ±4g/ ±8g/ ±16g, а также трехосевой гироскоп с диапазоном измерений угловых скоростей: ±125dps/ ±250dps/ ±500dps/ ±1000dps/ ±2000dps.

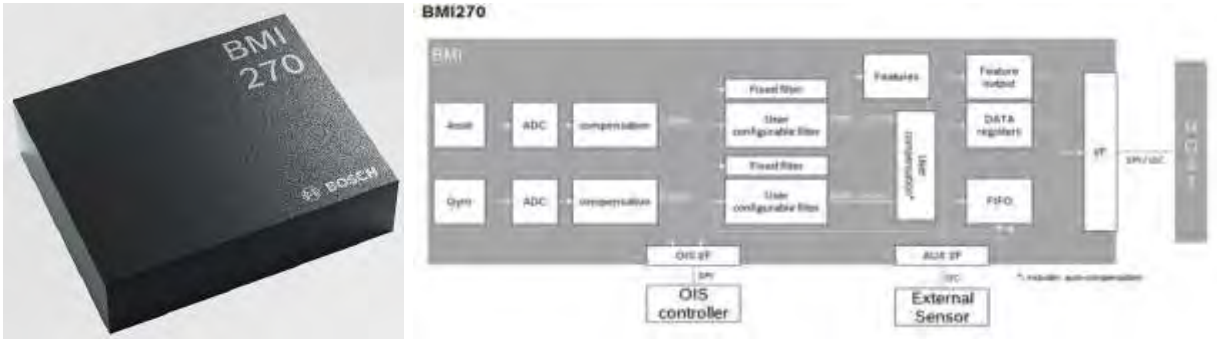


Рис. 2. Микросхема Bosch BMI270.

Спроектированная БИГ относится к классу грубых инерциальных навигационных систем. Погрешность определения угловой скорости датчиками угловой скорости составляет ~25 гр/час. Погрешность измерения ускорения акселерометрами составляет ~0,01 м/с2.

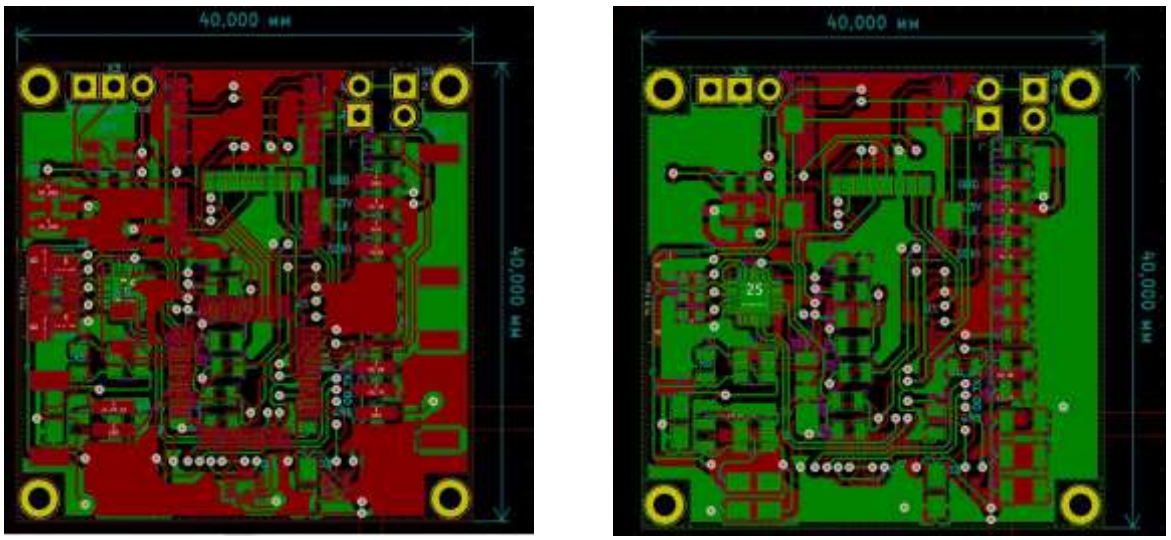
Разработанная БИГ является корректируемой, так как дополнительным источником информации для улучшения точности прибора служит GNSS приемник, выполненный в виде микросхемы SL3333 поверхностного монтажа. Кроме того, в качестве дополнительного средства коррекции высотного канала БИГ на плате установлен датчик статического давления Bosch BMP280, также выполненный в виде чипа.

Хранителем и исполнителем навигационного алгоритма данной БИГ является микроконтроллер STM32F405RGT6.

Рис. 3а. Микроконтроллер STM32F405RGT6.

Рис. 3б. Bosch BMP280.

Рис. 3в. SL3333.



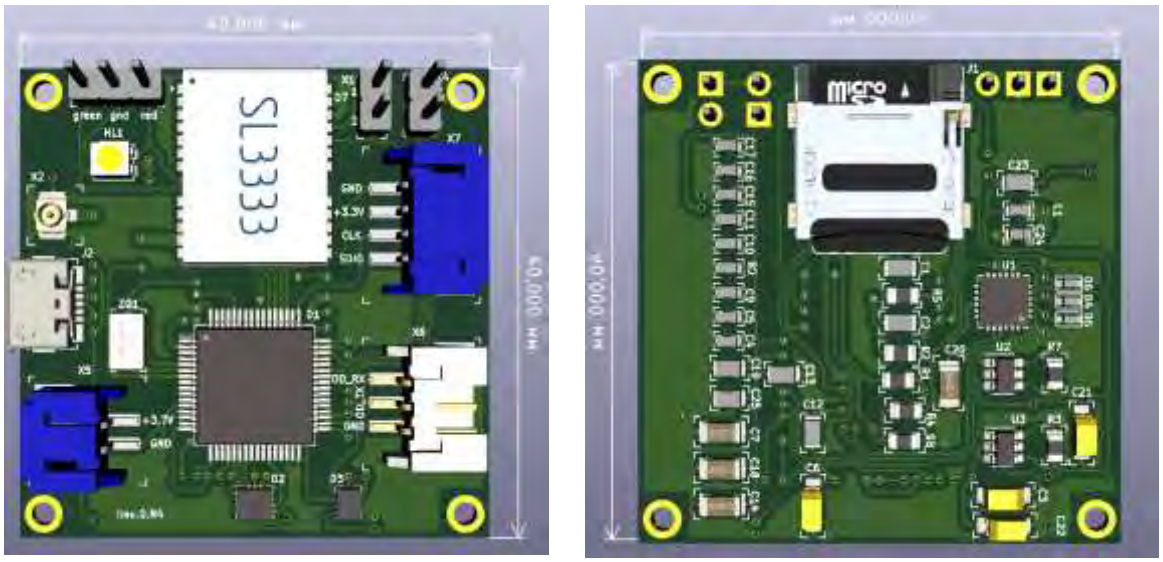
а *б*

Рис. 4. Трассировка лицевой (а) и обратной (б) стороны печатной платы БИГ.

Обмен данными между микросхемами чувствительных элементов и микроконтроллером осуществляется по отдельным интерфейсам SPI. Программирование микроконтроллера выполняется по интерфейсу UART, выведенному на внешний разъем. На плате предусмотрена возможность подключения к персональному компьютеру по интерфейсу UART через разъем microUSB. Для этого на плате установлена микросхема-преобразователь интерфейса UART – USB CP2104. Питание к прибору при подключении к компьютеру подается через разъем microUSB. При автономном использовании прибора, используется аккумуляторный литий-полимерный источник питания. Он подключается через один из внешних разъемов на плате. На плате предусмотрены два стабилизатора напряжения ADP3300-3 с 5В до 3,3В для питания от ПК через microUSB и с 3,7В до 3,3В для аккумуляторного питания.

Рис. 5а. CP2104.

Рис. 5б. ADP3300-3.



а *б*

Рис. 6. Внешний вид лицевой (а) и обратной (б) стороны платы БИГ.

Примеры потенциальных применений разработанной БИГ:

– ИНС гражданских беспилотных летательных аппаратов (дроны);
– ИНС легкой пилотируемой авиации;
– резервная навигационная система;
– ИНС наземных роботизированных систем;
– данная БИГ имеет функцию записи телеметрических данных на microSD-карту и может использоваться как «черный ящик».

В результате данной работы была разработана малогабаритная двухслойная плата корректируемой бесплатформенной инерциальной гировертикали грубого класса точности, имеющая характеритстики:

– габариты прибора: 40 х 40 х 10 мм;
– вес прибора: ~ 50 г;
– требуемая величина линейного ускорения (±5g), измеряемая прибором, укладывается в диапазон измерений трехосевого микромеханического акселерометра (±2g/ ±4g/ ±8g/ ±16g), а требуемая величина угловой скорости (±150 град/с) укладывается в диапазон измерений трехосевого микромеханического гироскопа (±125 град/с /±250 град/с /±500 град/с /±1000 град/с /±2000 град/с);
– основываясь на данных спецификаций и руководств по эксплуатации изделий электронной техники (ИЭТ), входящих в состав данного прибора можно констатировать, что все ИЭТ, а значит и прибор, как их совокупность, отвечает требованиям ТЗ в части механических нагрузок:
  - линейная вибрация до 4g;
  - диапазон частот от 1 до 500 Гц;

- механический удар одиночного действия: пиковое ускорение 50g, длительностью 2 мс;
- механический удар многократного действия: пиковое ускорение 15g, длительностью 15 мс;

– требования ТЗ в части климатического воздействия на прибор выполняются при покрытии изоляционным лаком печатной платы по завершению монтажа ИЭТ на печатную плату и проверки ее на функционирование (за исключением микросхемы измерения статического давления Bosch BMP280), а также при помещении прибора в пластиковый корпус, обеспечивающий защиту от прямого попадания влаги на печатную плату прибора;

– параметры электропитания прибора:
  - 5 В (при питании от ПК через разъем microUSB);
  - 3,7 В (при питании от внешнего литий-полимерного аккумулятора);
  - потребляемый ток не более 500 мА.

Следующим этапом работы станет производство печатной платы, написание навигационного алгоритма, отладка прибора и летные испытания на легком беспилотном летательном аппарате.

Литература

1. Бромберг, П.В. Теория инерциальных систем навигации. – М.: Наука, 1979. – 296 с.

2. Salychev, O.S. Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions. – M.: BMSTU Press, 2004. – 304 p.

3. Гироскопические системы: [Учеб. для вузов по спец. «Гироскоп. приборы и системы»: В 3 ч.] / Под ред. Д.С. Пельпора. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988.

Бесплатформенная инерциальная курсовертикаль на базе волоконно-оптических гироскопов и кварцевых акселерометров

А.В. Синельщиков,
студент 5 курса кафедры космических приборов и систем,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: sinelschikovav@student.bmstu.ru

Аннотация. *Рассматривается задача разработки конструкции бесплатформенной инерциальной курсовертикали на базе волоконно-оптических гироскопов и кварцевых акселерометров для дальнейшего применения ее в гражданской авиации.*
Ключевые слова: *бесплатформенная инерциальная курсовертикаль, инерциальная навигационная система, волоконно-оптический гироскоп, акселерометр, система координат, навигация, ориентация, разработка конструкции бесплатформенной инерциальной курсовертикали.*

Strapdown inertial heading reference based on fiber-optic gyroscopes and quartz accelerometers

A.V. Sinelschikov,
5th year student,
Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The article discusses the problem of developing the design of a strapdown inertial heading reference based on fiber-optic gyroscopes and quartz accelerometers for its further use in civil aviation.*
Keywords: *strapdown inertial heading reference; inertial navigation system, fiber optic gyroscope; accelerometer, coordinate system, navigation, orientation, development of the design of the strapdown inertial heading reference.*

Под инерциальной навигационной системой (ИНС) понимают техническое устройство, которое на борту любого подвижного объекта позволяет решить следующие задачи:

– задача ориентации – определение взаимного углового положения строительных осей объекта и выбранной базовой системы координат (СК). В большинстве случаев под этой задачей понимают определение углов крена, тангажа и курса;

– задача навигации – определение координат объекта, т.е. широты, долготы, высоты.

Основа работы инерциальной навигационной системы заключается в измерении ускорений летательного аппарата и его угловых скоростей относительно трех осей объекта для того, чтобы, исходя из этих данных, определить координаты, скорость, курс и другие параметры. По результатам анализа объект стабилизируется, и может использоваться автоматическое управление

Для сбора информации о полете в состав ИНС включаются акселерометры, считывающие линейное ускорение, и гироскопы, позволяющие определять углы наклона самолета относительно основных осей: тангаж, рысканье и крен.

Важным преимуществом ИНС перед другими навигационными системами считается их полная независимость от внешних источников данных, повышенная защита от помех, высокая информативность и возможность передавать информацию на большой скорости. Скрытность объекта, на котором применяется система, обеспечивается отсутствием какого-либо излучения при работе ИНС.

Курсовертикаль – прибор, предоставляющий данные об углах между географической (базовой) системой координат (ГСК) и связанной системой координат, оси которой соответствуют строительным осям объекта, на котором установлена курсовертикаль.

В разработанной курсовертикали используются две системы координат: СК LL (географическая система координат) и СК В (связанная система координат). СК LL моделируется математически, т.е. на каждом такте навигационного алгоритма просчитывается матрица перехода от СК В к СК LL. Уравнением расчета является уравнение Пуассона.

Матрица перехода от СК В к СК LL представляет из себя три последовательных поворота. Повороты показаны на Рис. 1 и имеют следующую последовательность:

$$-H \rightarrow \theta \rightarrow \gamma,$$

где H – угол курса; θ – угол тангажа; γ – угол крена.

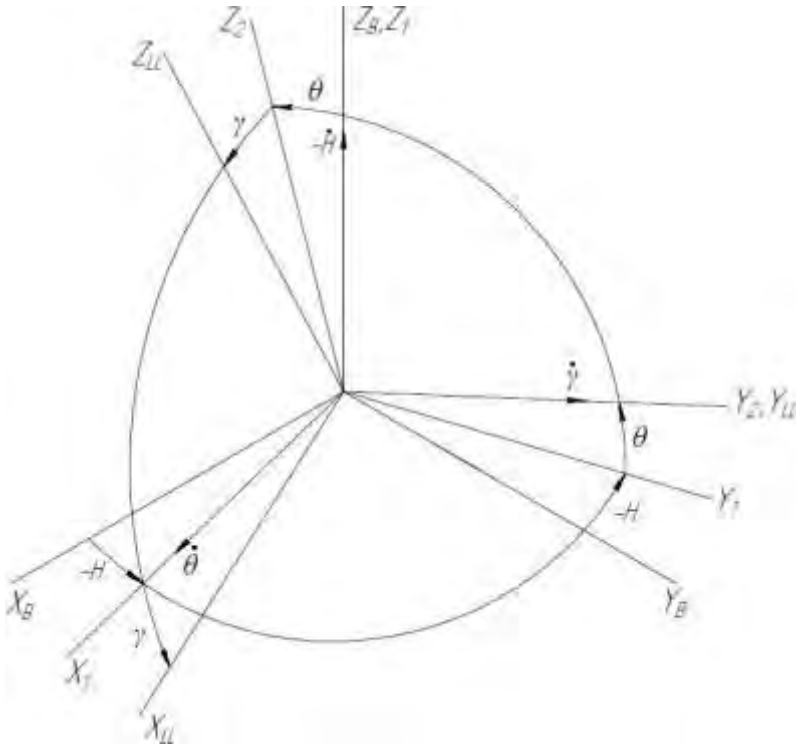


Рис. 1. Матрица перехода от СК B к СК LL.

Тогда матрица перехода будет иметь вид:

$$C_B^{LL} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{vmatrix},$$

где $C11 = cos\gamma\ cosH + sin\theta\ sin\gamma\ sinH$;
$C12 = -cos\gamma\ sinH + sin\theta\ sin\gamma\ cosH;$
$C_{31} = -cos\theta\ sin\gamma;$
$C_{21} = cos\theta\ sinH;$
$C_{22} = cos\theta\ cosH;$
$C23 = sin\theta;$
$C31 = sin\gamma\ cosH - sin\theta\ cos\gamma\ sinH;$
$C32 = -\ sin\gamma\ sinH - sin\theta\ cos\gamma\ cosH;$
$C_{33} = cos\theta\ cos\gamma.$

Уравнение Пуассона получается дифференцированием вектора и сводится к проецированию его на оси СК и дифференцированию проекций. Уравнение представлено ниже:

$$\dot{C}_B^{LL} = C_B^{LL} \cdot \breve{\omega}_B \vdash \breve{\omega}_{LL} \cdot C_B^{LL}$$

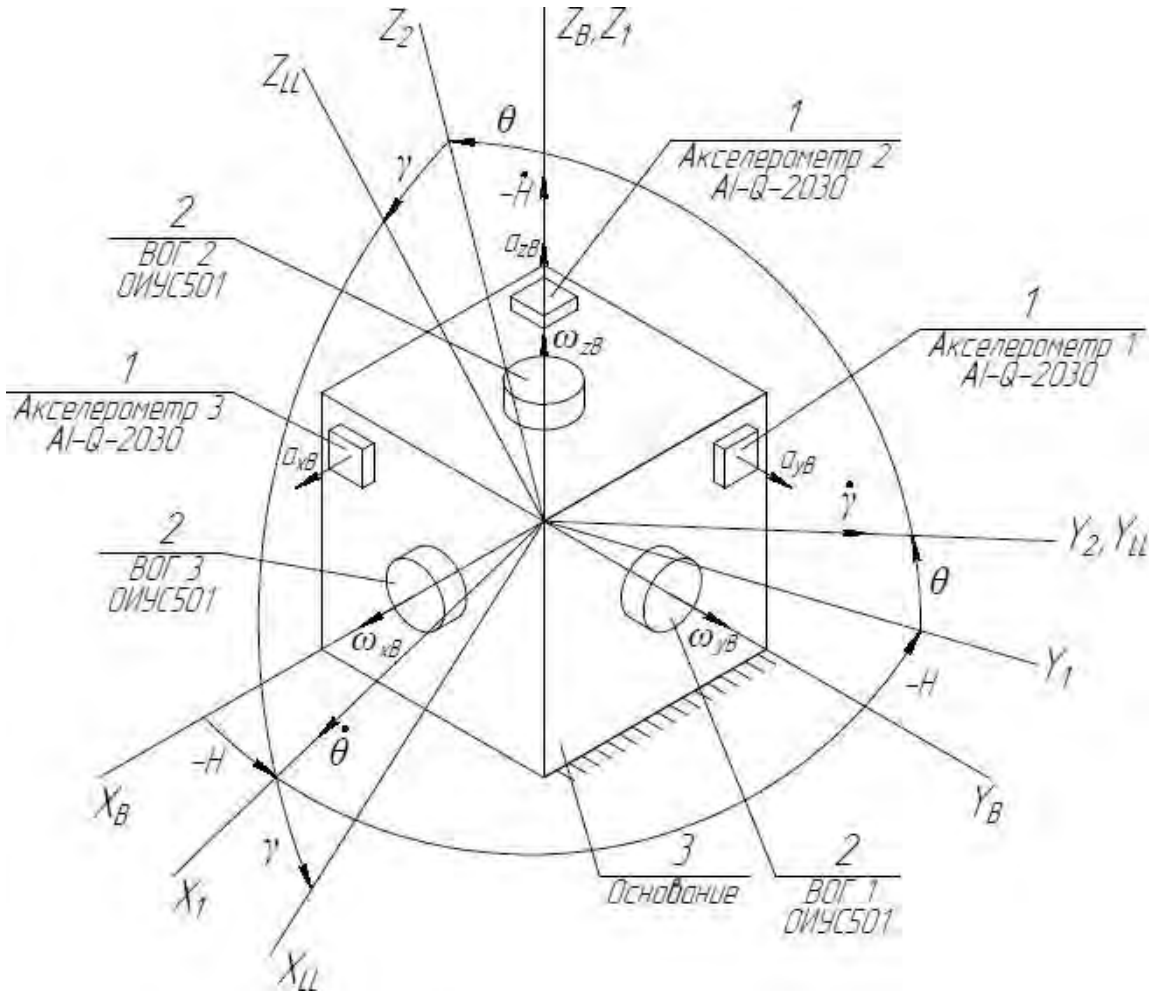


Рис. 2. Принципиальная кинематическая схема разработанной бесплатформенной курсовертикали.

Кинематическая схема разработанной бесплатформенной инерциальной курсовертикали представлена на Рис. 2. Она состоит из основания поз. 3, трех кварцевых акселерометров Al-Q-2030 поз. 1 и трех волоконно-оптических гироскопов (ВОГ) ОИУС501 поз. 2; также в нее входят вторичные источники питания и платы электроники, обеспечивающие функционирование датчиков и первичное преобразование сигналов с основных чувствительных элементов (ЧЭ) в частотную форму.

На рис. 2 обозначены:

– θ - угол тангажа;
– γ - угол крена;
– H - угол курса;
– a_{xB} , a_{yB} , a_{zB} - ускорения, измеряемые акселерометрами;
– ω_{xB} , ω_{yB} , ω_{zB} - угловые скорости, измеряемые ВОГами;
– X_B , Y_B , Z_B - связанная система координат;
– X_{LL} , Y_{LL} , Z_{LL} - навигационная система координат.

Рассмотрим минимальную комплектацию конструкции БИНС. Важнейшей частью является блок чувствительных элементов. Он представляет собой раму, на которой закреплены три ВОГа и три акселерометра. Рама должна выдерживать различные нагрузки (удары, вибрации), чтобы положение ЧЭ не менялось в процессе применения БИНС. Сверху рама накрывается корпусом, на котором обычно устанавливаются платы и разъемы для обеспечения работы системы. Корпус прибора выполняет функцию защиты блока ЧЭ (БЧЭ) от нагрузок. Полученная система закрепляется на основании. Основание не должно деформироваться под весом БЧЭ, поэтому оно выполняется достаточно толстым. С помощью основания полученный прибор должен закрепляться на объекте.

Исходя из минимальной комплектации, была разработана курсовертикаль. Общий вид конструкции курсовертикали представлен на Рис. 3.

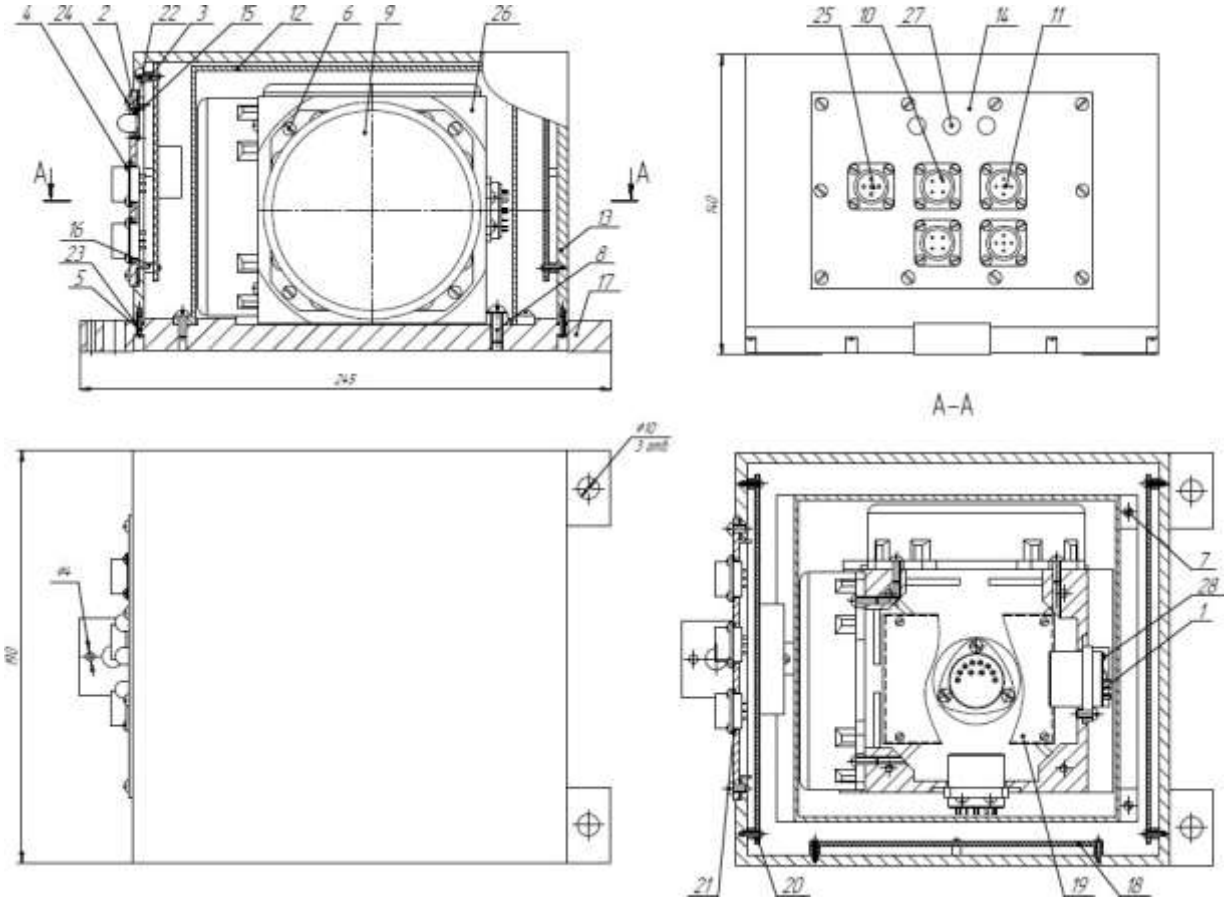


Рис. 3. Общий вид бесплатформенной инерциальной курсовертикали.

В приборном исполнении БИНС состоит из:

– трех датчиков угловой скорости – волоконно-оптических гироскопов поз. 9.;

– трех кварцевых акселерометров поз. 1;

– аналого-цифрового преобразователя (АЦП) сигналов акселерометров тока или напряжения в цифровой код, пригодный для считывания управляющим компьютером поз. 19;

– системы вторичного источника питания поз. 20;

– платы обмена БИНС с системой автоматизированного управления поз. 18.

Также в конструкции курсовертикали присутствуют:

– интерфейсы RS-232 поз. 10 и интерфейсы RS-422 поз. 11 для смены режимов работы, обеспечения входной информацией и съема сигналов;

– кожух рамы поз. 12, который разработан для уменьшения влияния электромагнитных полей на БЧЭ;

– корпус поз. 13, на который устанавливается крышка с интерфейсами и светодиодами;

– крышка интерфейсов поз. 14, на которой закрепляются интерфейсы поз. 10, поз. 11, поз. 25 и светодиоды поз. 27;

– крышка светодиода поз. 15, с помощью которой светодиоды поз. 27 закрепляются в крышке интерфейсов;

– ножки для установки плат поз. 16;

– основание поз. 17, на котором закрепляются БЧЭ и корпус прибора;

– интерфейс питания СНЦ-28 поз. 25;

– рама поз. 26, на которой закрепляются все чувствительные элементы курсовертикали;

– светодиоды поз. 27, которые показывают индикацию режима работы: выставка – левый зеленый светодиод, навигация – центральный желтый светодиод, технологический режим – правый красный светодиод;

– штифты 3х14 поз. 28, для центрирования рамы поз. 26. Герметизация системы обеспечивается с помощью резиновых прокладок: прокладка интерфейсов поз. 21, прокладка крышки интерфейсов поз. 22, прокладка основания поз. 23, прокладки светодиода поз. 24.

В разработанной конструкции бесплатформенной инерциальной курсовертикали гироскопы и акселерометры устанавливаются на гранях рамы так, чтобы направления их осей чувствительности образовывали правую декартовую систему координат, по возможности близкую к ортогональной.

Приборная система координат задается посадочной гранью (лапками рамы) и штифтовыми отверстиями 3х14 основания рамы поз. 26. Ось X_B совпадает с линией, соединяющей центры штифтовых отверстий основания, ось Z_B направлена вверх по нормали к ней, а ось Y_B дополняет трехгранник до правой системы координат.

Все чувствительные элементы обладают магнитной чувствительностью, т.е. внешние магнитные поля вносят помехи, нарушающие нормальную работу гироскопов и акселерометров. Поэтому каждый ЧЭ снабжен экранами из магнитомягкого материала – пермаллоя, а БЧЭ помещен в специально разработанный кожух поз. 12.

Поверхности рамы поз. 26, на которую устанавливаются ЧЭ, должны быть точными, чтобы минимизировать погрешности при установке ЧЭ. На раме закрепляются три акселерометра и три ВОГа. Акселерометры закрепляются с помощью трех винтов М3,5х10, а ВОГи с помощью четырех винтов.

Далее собранный БЧЭ устанавливается в пазы основания поз. 17 с помощью трех установочных лапок, имеющих точные поверхности, центрируется штифтами 3х14 и закрепляется тремя винтами М5х14 поз. 8.

Сверху на основание устанавливается кожух поз. 12. Он имеет три лапки и закрепляется винтами М3,5х10 в специальных пазах основания высотой 1мм. На крышку интерфейсов с помощью четырех винтов М3х10 устанавливаются два интерфейса RS-232 поз. 10, два интерфейса RS-422 поз. 11 и разъем СНЦ-28 для питания поз. 25. Интерфейсы закрепляются в отверстиях крышки интерфейсов с помощью резиновых прокладок поз. 21, для обеспечения герметизации. Также, на крышке интерфейсов располагаются три светодиода поз. 27, показывающие режим работы курсовертикали. Они устанавливаются в отверстия крышки поз. 14 с помощью прокладок поз. 24 и закрываются крышками светодиодов поз. 15 с четырьмя винтами М1х4.

Корпус прибора выполняет функцию защиты блока чувствительных элементов от повреждений. На корпусе прибора устанавливаются плата питания поз. 20, плата интерфейсов поз.18 и плата обработки информации поз. 19. Они закрепляются на корпусе с помощью восьми ножек для установки плат поз. 16 и такого же количества винтов М2х10 поз. 3.

Далее на корпусе закрепляется сборка крышки интерфейсов с помощью резиновой прокладки поз. 22 и десяти винтов М3х10.

Полученная сборочная единица согласуется с основанием поз. 17 с помощью резиновой прокладки основания поз. 23, и шестнадцати винтов М2х10. Винты ввинчиваются снизу основания. Положение корпуса и прокладки поз. 23 фиксируется с помощью выступов на основании прибора высотой 1 мм. Курсовертикаль устанавливается на объекте с помощью трех винтов М10. Положение прибора определяется штифтом диаметром 4 мм. Установочные лапки прибора имеют точную поверхность и выступы высотой 1 мм.

Анализ разработанной конструкции бесплатформенной инерциальной курсовертикали дает возможность сделать вывод о надежности конструкции в процессе дальнейшей эксплуатации и как следствие надежности работы навигационной системы в целом.

Литература

1. Бромберг, П.В. Теория инерциальных систем навигации. – М. Наука, 1979. – 296 с.

2. Савельев, А.М., Соловьева, Т.И. Волоконно-оптические гироскопы (обзор) // Зарубежная радиоэлектроника. – 1982. – № 6. С. 55-66.

3. Пельпор, Д.С. Гироскопические системы. Теория гироскопов и гиростабилизаторов: Учеб. для вузов по спец. «Гироскоп. приборы и устройства». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 423 с.: ил.

4. Salychev, O.S. Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions. – M.: BMSTU Press, 2004. – 304 p.

Трансформаторный токоподвод для гирокомпаса с магнитным подвесом

Н.Д. Пестролобова,
студентка 4 курса,
А.С. Калугина,
студентка 6 курса,
И.Д. Иванов,
ассистент;
кафедра космических приборов и систем,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: askalugina@bmstu.ru

Аннотация. *Рассмотрена возможность построения бесконтактного трансформаторного токоподвода для наземного гирокомпаса с электромагнитным подвесом чувствительного элемента. Получены выражения для коэффициентов полезного действия и трансформации таких токоподводов. Приведены конструкция и электрическая схема бесконтактной передачи напряжения от источника к гиромотору. Показано, что трансформаторный токоподвод разгружает систему магнитного центрирования, развивая дополнительную подъемную силу.*
Ключевые слова: *гирокомпас, трансформаторный токоподвод, магнитный поток, добротность, коэффициент полезного действия, коэффициент трансформации, число витков, жесткость, подъемная сила, чувствительный элемент.*

Transformer current lead for gyrocompass with magnetic suspension

N.D. Pestrolobova,
4th year student
A.S. Kalugina,
6th year student
I.D. Ivanov,
Assistant;
Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The article discusses the possibility of constructing a contactless transformer current lead for a ground gyrocompass with an electromagnetic suspension of the sensitive element. Expressions are obtained for the efficiency and transformation of such current leads. The design and electrical circuit of contactless voltage transmission from the source to the gyromotor are presented. It is shown that the transformer current lead unloads the magnetic centering system, developing an additional lifting force.*
Keywords: *gyrocompass, transformer current lead, magnetic flux, quality factor, efficiency, transformation ratio, number of turns, stiffness, lifting force, sensing element.*

Точность наземных гирокомпасов с магнитным подвесом чувствительного элемента (ЧЭ) в основном ограничивается уровнем возмущающих моментов, создаваемых самим подвесом. Однако даже при сведении этих моментов к минимуму имеется еще ряд причин, которые могут ограничивать его точность. Одной из таких причин является наличие ленточных токоподводов для передачи напряжения питания к гиромотору. Токоподводы такого типа накладывают ограничения на движение ЧЭ гирокомпаса, приводящие к образованию дополнительных возмущающих моментов. Для уменьшения влияния ленточных токоподводов необходимо в конструкции гирокомпаса предусматривать специальное отслеживающее устройство. Однако при наличии такой системы возникают дополнительные моменты, обусловленные небольшими угловыми колебаниями ЧЭ и наклонами основания, что практически всегда имеет место при работе гирокомпаса.

В связи с этим, для повышения точности гирокомпасов с магнитным подвесом ЧЭ целесообразно применение таких конструкций токоподводов, которые бы не ограничивали движение ЧЭ и не создавали возмущающие моменты.

Этим требованиям удовлетворяют бесконтактные трансформаторные токоподводы, обеспечивающие передачу напряжения от источника питания к гиромотору.

Кроме своего основного назначения трансформаторные токоподводы частично разгружают магнитный подвес, развивая дополнительную силу.

Конструктивно трансформаторный токоподвод, обеспечивающий трехфазное питание гиромотора, состоит из трех статорных магнитопроводов, установленных на корпусе, и трех роторных магнитопроводов, размещенных на ЧЭ гирокомпаса. Магнитопроводы представляют собой ферритовые сердечники броневого типа, на центральных полюсах которых расположены первичные и вторичные обмотки трансформаторного токоподвода. На Рис.1 представлена конструктивная схема такого токоподвода, обеспечивающего питание одной фазы гиромотора, а на Рис.2 приведена электрическая схема передачи напряжения от трехфазного источника питания к гиромотору.

В соответствии с конструктивной схемой уравнение магнитной цепи может быть представлено в виде:

$$\Phi R = w_1 i_1 - w_2 i_2, \qquad (1)$$

где Φ – магнитный поток в магнитопроводе; w_1, w_2 – число витков первичной и вторичной обмоток соответственно; i_1, i_2 – токи в первичной и вторичной обмотках; $R = R_1 + R_2$ – суммарное сопротивление воздушного зазора.

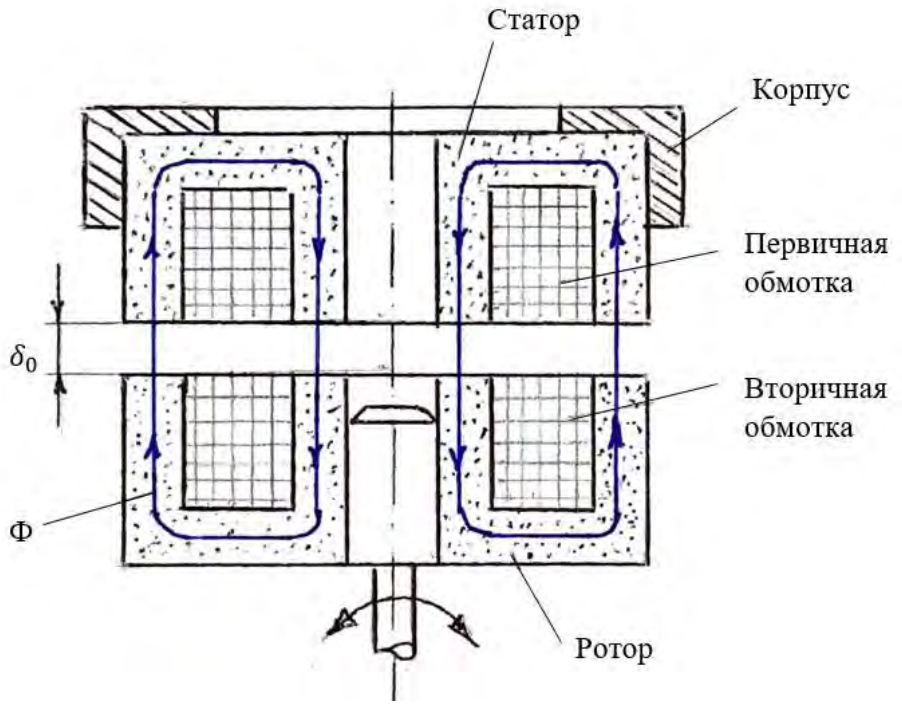


Рис. 1. Конструктивная схема токоподвода.

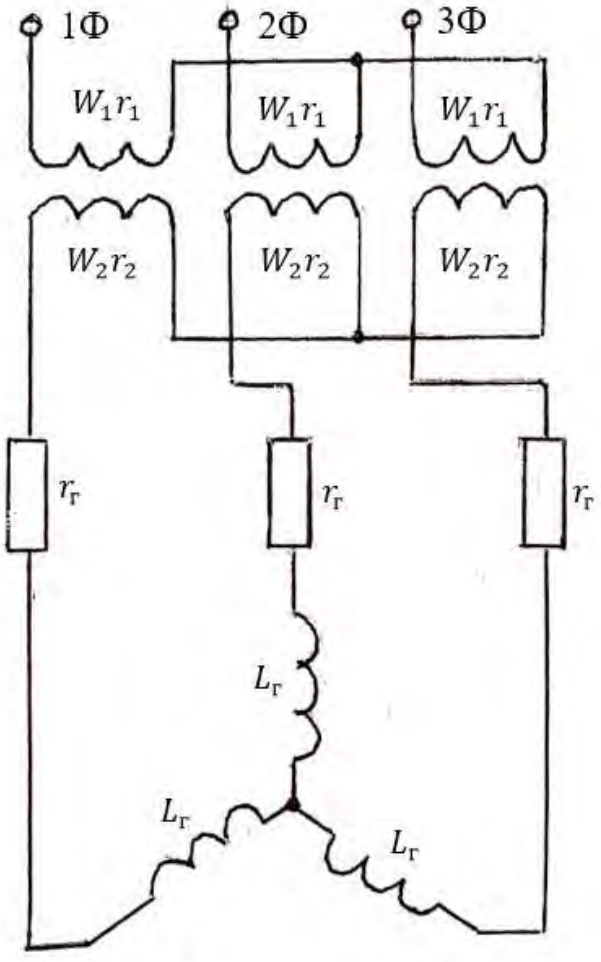


Рис. 2. Электрическая схема трансформаторного токоподвода.

В свою очередь магнитные сопротивления R_1 воздушного зазора под центральным полюсом и R_2 – под периферийным полюсом имеют вид:

$$R_1 = \frac{\delta_0}{\mu_0 S_1};\ R_2 = \frac{\delta_0}{\mu_0 S_2}, \tag{2}$$

где δ_0 – величина воздушного зазора; μ_0 – магнитная проницаемость среды в воздушном зазоре; S_1, S_2 – площади сечения центрального и периферийного полюсов.

В соответствии с электрической схемой токоподвода запишем уравнение электрических цепей:

$$\left.\begin{aligned} W_1 \frac{d\Phi}{dt} + r_1 i_1 &= U_{пит}; \\ W_2 \frac{d\Phi}{dt} &= (r_2 + r_г) i_2 + L_г \frac{di_2}{dt}, \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

где r_1, r_2 – активные сопротивления первичной и вторичной обмоток токоподвода; $r_г$, $L_г$ – активное сопротивление одной фазы гиромотора и индуктивность этой фазы.

Запишем выражение для добротностей обмоток трансформаторного токоподвода и гиромотора:

$$Q_1 = \frac{W_1^2 \nu}{R r_1};\ Q_2 = \frac{W_2^2 \nu}{R r_2};\ Q_г = \frac{W_г^2 \nu}{R r_г}, \tag{4}$$

где Q_1, Q_2 – добротности первичной и вторичной обмоток; $Q_г$ – добротность обмоток гиромотора; ν – частота питания.

Подставляя значение потока Φ в (3), учитывая значения добротностей и принимая во внимание, что $W_1 = W_2 = W$, $r_1 = r_2 = r$; $Q_1 = Q_2$; $r_г \gg r$, а $Q^2 \gg 1$, получим:

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= \frac{U_{пит}}{Q} \sqrt{\frac{(1+\frac{rQ}{2Q_г})^2 + (\frac{1}{Q_г})^2}{1+\frac{1}{Q_г^2}}}; \\ i_2 &= \frac{U_{пит}}{rQ} \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{Q_г^2}}}. \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

КПД трансформаторного токоподвода есть отношение активной мощности, отдаваемой в нагрузку, к суммарной активной мощности. В нашем случае:

$$\eta = \frac{P_1}{P_1 + P_2 + P_г} \cdot \frac{i_1^2}{i_1^2 r_1 + i_2^2 r_2 + i_г^2 r_г} \cdot 100\% \approx \frac{1}{1 + \frac{r_г}{r}\frac{1}{Q^2} + \frac{r_г Q_г^2}{r Q^2} + 2\frac{Q_г}{Q}} \cdot 100\%. \tag{6}$$

Одной из возможных характеристик трансформаторных токоподводов является коэффициент трансформации, равный отношению напряжения на нагрузке к напряжению источника питания:

$$\frac{U_г}{U_{пит}} = \sqrt{\frac{1+\frac{1}{Q_г^2}}{\left(\frac{r}{r_г Q Q_г}+\frac{1}{Q Q_г}-1\right)^2+\left(\frac{r}{r_г Q_г}+\frac{1}{Q_г}-\frac{1}{Q}\right)^2}} \approx 1-\left(\frac{1}{Q}\right)^2. \quad (7)$$

На Рис. 3 и Рис. 4, в соответствии с выражениями (6) и (7), представлены графические зависимости КПД и коэффициента трансформации от добротности Q трансформаторного токоподвода.

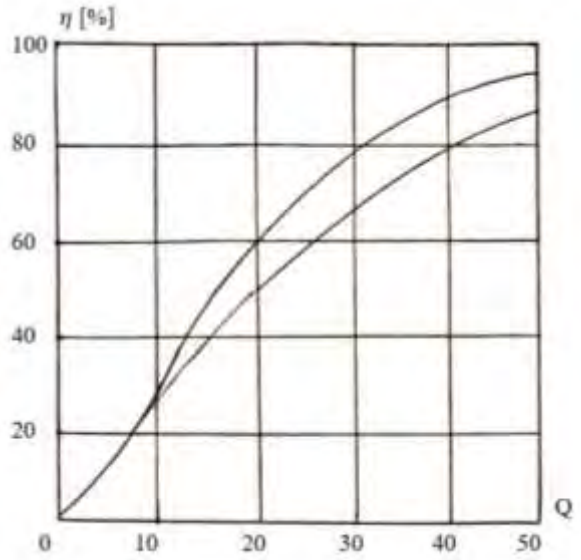


Рис. 3. Зависимость КПД от добротности токоподводов.

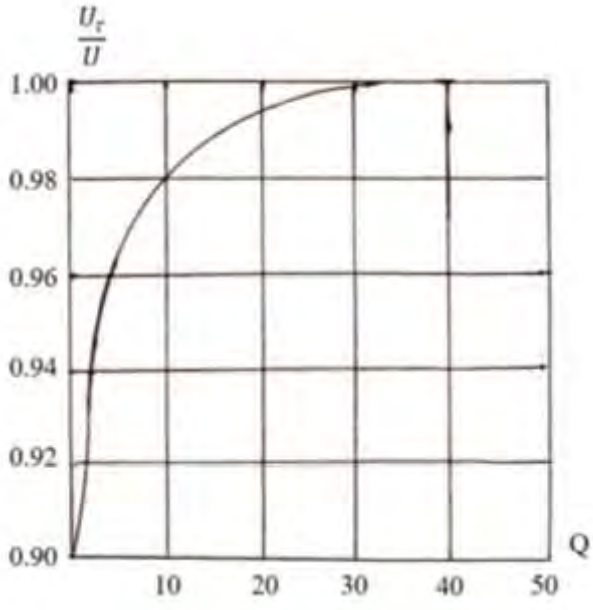


Рис. 4. Зависимость коэффициента трансформации от добротности токоподводов.

Как уже отмечалось выше, трансформаторные токоподводы развивают подъемную силу, определяемую следующей формулой:

$$F = \frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{1}{S_1}+\frac{1}{S_2}\right)\Phi^2. \quad (8)$$

При смещении ротора в вертикальном направлении на величину Δ выражение для магнитного сопротивления воздушных зазоров под полюсами трансформаторных токоподводов имеет вид:

$$R = R_0(1+x),$$

где $R_0 = \frac{\delta_0}{\mu_0}\left(\frac{1}{S_1}+\frac{1}{S_2}\right)$; $x = \frac{\Delta}{\delta_0}$.

Соответственно с изменением сопротивления изменится и добротность токоподводов:

$$Q = \frac{Q_0}{1+x} = Q_0(1-x), \quad (9)$$

где $Q_0 = \frac{W^2\nu}{R_0^2}$.

Подъемная сила одного токоподвода при нулевом смещении $x = 0$:

$$F_0 = \frac{1}{2\mu_0}\left(\frac{1}{S_1}+\frac{1}{S_2}\right)\frac{U_{пит}^2}{W^2\nu^2}. \quad (10)$$

При этом значение жесткости токоподвода имеет вид:

$$K = -\frac{2F_0}{\delta_0}\frac{1}{Q^2}. \quad (11)$$

Знак минус означает, что трансформаторные токоподводы имеют отрицательную жесткость. Из выражения (11) следует, что с увеличением добротности Q отрицательная жесткость токоподводов стремится к нулю.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение трансформаторных токоподводов в прецизионных наземных гирокомпасах с магнитным центрированием ЧЭ может существенно увеличить их точность. Приведенные графические зависимости свидетельствуют о том, что, при соответствующем выборе параметров таких токоподводов, обеспечиваются высокие значения КПД и коэффициента трансформации. Возникающая отрицательная жесткость при высоких значениях добротности электрических цепей токоподводов может быть сведена к допустимому уровню.

Литература

1. Осокин, Ю.А., Герди, В.Н., Станкевич, Н.Н. Теория и применение электромагнитных подвесов. – М.: Машиностроение, 1980.

2. Герди, В.Н., Крикун, В.М., Шахов, С.А. Проектирование электромагнитных подвесов гироприборов и акселерометров с применением ЭВМ. – М.: Издательство МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1989.

Разработка технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора кантователя

А.Д. Николаев,
студент 4 курса кафедры космических приборов и систем,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета),
А.С. Петруничева,
студентка 4 курса кафедры стартовых ракетных комплексов,
Приборостроительный факультет МГТУ им. Н.Э. Баумана,
С.Ю. Князева,
старший преподаватель кафедры систем автоматизированного
проектирования МГТУ им. Н.Э. Баумана
e-mail: anton.nikolaev511@yandex.ru

***Аннотация**. В статье описываются основные этапы создания и последовательность выполнения операций обработки корпуса червячного редуктора, являющегося составной частью кантователя, проводится оценка технологичности конструкции корпуса червячного редуктора.*
***Ключевые слова:** червячный редуктор, фрезерование, сверление, обработка, кантователь, технологический процесс, технология приборостроения.*

Development of the technological process for manufacturing the body of the rotator worm reduction gearbox

A.D. Nikolaev,
4th year student of Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty,
A.S. Petrunicheva,
4th year student of Department of launch rocket systems,
Instrument-making Faculty,
S.Yu. Knyazeva,
senior lecturer of Department of computer-aided design systems,
Bauman Moscow State Technical University

***Abstract.** The article considers an engineering design process of the worm reduction gearbox housing as an integral part of the integration cart. Both the main stages and sequence of processing operations are described. We conduct a maintainability analysis in order to evaluate the worm reduction gear housing design.*
***Keywords:** worm reduction gearbox, milling, drilling, processing, integration cart, technological process, instrument-making technology.*

В современных экономических условиях необходимость использования передовых средств автоматизированного проектирования обусловлена жесткой конкуренцией в промышленности, сокращением сроков выполнения заказа при постоянно повышающейся сложности деталей, а также строгими требованиями к качеству продукции. В работе с целью эффективного решения задач технологической подготовки производства использован моделеориентированный подход, в котором используется технология мастер-модели для процессов разработки управляющих программ, проектирования заготовки, технологического исполнения детали и оснастки. Также создается виртуальная среда станок - инструмент - заготовка - оснастка. Все оборудование обеспечивается кинематической схемой и постпроцессором для выполнения симуляции в G-кодах станка.

В работе моделеориентированный подход использован для разработки технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора кантователя. Автоматизация процесса обработки, концентрация операций, возможность реализации сложных пространственных перемещений инструмента – все эти факторы приводят к снижению трудоемкости обработки деталей и повышению производительности труда.

Конечной целью проекта является получение программы для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), позволяющих производить обработку различных по сложности деталей. Программное управление станками позволяет полностью автоматизировать процесс обработки деталей. Для получения программы обработки (G-код в проекте была выполнена разработка модели сборки редуктора в системе твердотельного и поверхностного моделирования Siemens Solid Edge и создана программа технологической обработки детали сборки редуктора в среде Siemens CAM Pro. Выбор данных систем обусловлен их широким использованием на предприятиях авиастроения, моторостроения, энергомашиностроения и др. Solid Edge – это современная система автоматизированного проектирования, обладающая уникальными инструментами для создания и редактирования трехмерных цифровых макетов изделий, готовых к производству. Особенностью программы является синхронная технология, которая позволяет импортировать стороннюю геометрию из различных форматов и работать с ней, адаптируя под необходимые требования. CAM Pro – это комплексная система для программирования станков с ЧПУ, позволяющая сократить время подготовки производства и повысить производительность оборудования. Solid Edge CAM Pro совместимы с Solid Edge, поскольку NX и Solid Edge имеют общее графическое ядро.

Кантователь (Рис. 1) предназначен для кантования космического аппарата массой до 5 тонн и для обеспечения проведения контрольно-юстировочных работ с космическим аппаратом в вертикальном положении. Конструкция кантователя обеспечивает нормальное функционирование и сохранение эксплуатационных характеристик при температуре воздуха от 291 до 298 К (от +18 до +25 °С) и относительной влажности воздуха от 30 до 60 %. Климатическое исполнение кантователя – «У», категория размещения 4 в соответствии с ГОСТ 15150-69.

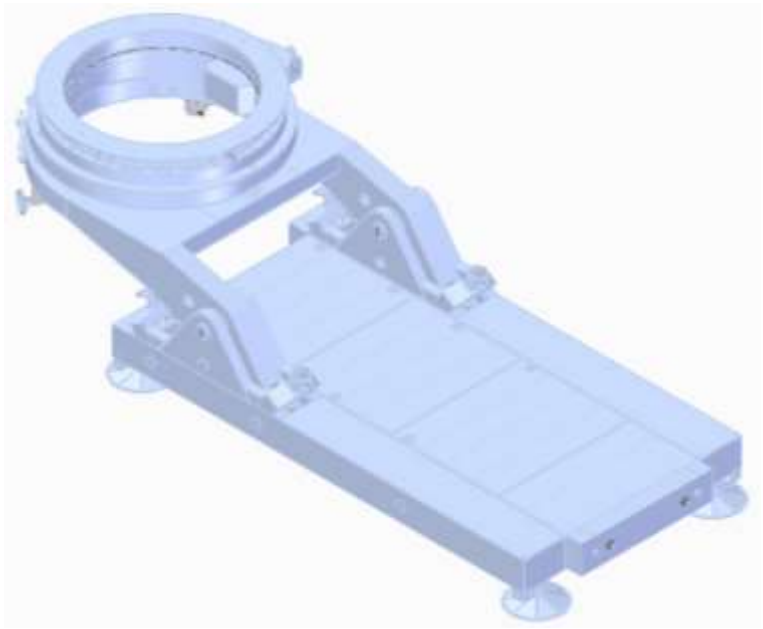


Рис. 1. 3D-модель сборки кантователя.

Кантователь состоит из трех основных частей: основание, подвижная платформа и поворотная платформа. Рассматриваемый червячный редуктор относится к подвижной платформе. Корпус редуктора закреплен на внутренней стенке платформы. Шестерня, входящая в состав редуктора, передает вращательное движение между валами при помощи зацепления с зубьями, нарезанными на внутренней поверхности платформы (Рис. 2).

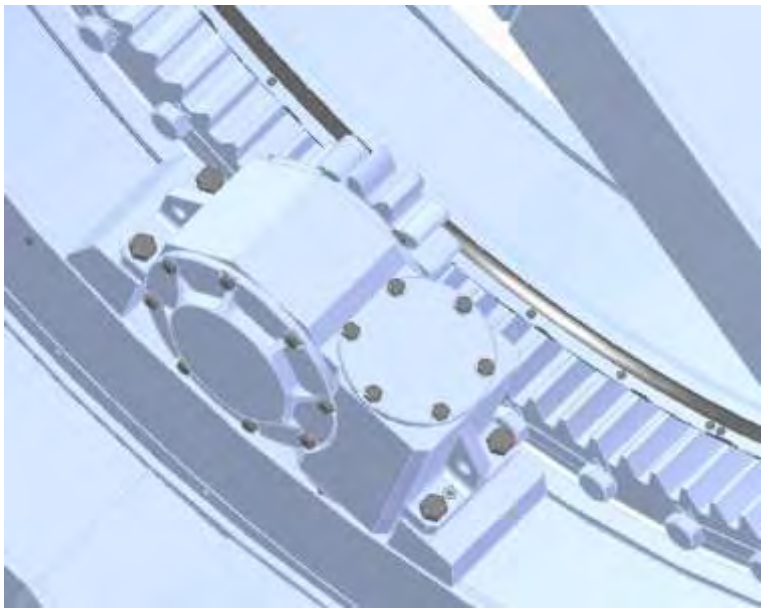


Рис. 2. Увеличенное изображение 3D-модели сборки кантователя.

В состав редуктора входят, как и вновь разрабатываемые детали, так и детали, выполненные по ГОСТ. К вновь разрабатываемым деталям относятся корпус, крышки, вал, червяк, червячное колес, шестерня, прокладка.

Болты выполнены по ГОСТ 7798-70, шайбы по ГОСТ 6402-70, подшипники по ГОСТ 27365-87 и шпонки по ГОСТ 23360-78.

Корпус червячного редуктора (Рис. 3) выполнен из стали марки 40, относящейся к конструкционным углеродистым нелегированным специальным качественным сталям, рекомендуемым для изготовления крепежных деталей.

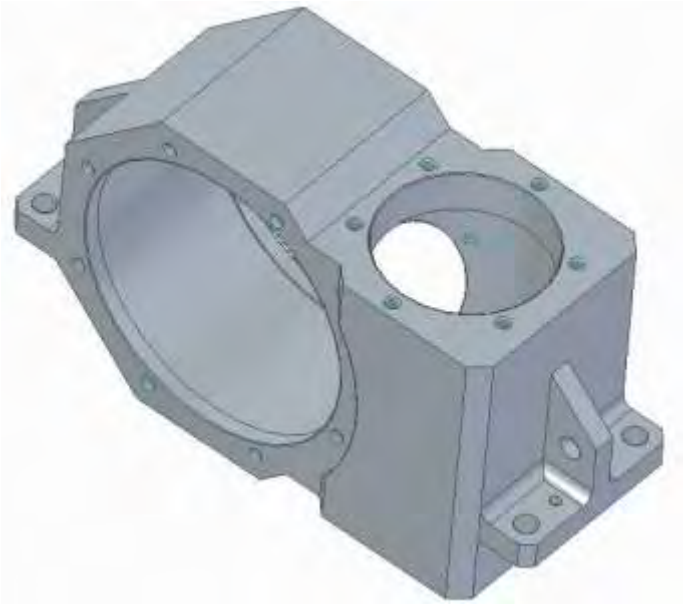


Рис. 3. Корпус червячного редуктора.

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важных этапов технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки, ее формы, размеров зависит характер и число операций, трудоемкость изготовления, величина расхода материала и инструмента, стоимость изготовления детали. В качестве заготовки выбрана плита с габаритными размерами 540x320x210, обрабатываемая последовательным снятием с заготовки слоев материала с целью улучшения ее точности и шероховатости.

Анализ модели дает возможность продумать перечень необходимых операций и их последовательность применения для получения детали. В данной модели после предварительного зенкерования были высверлены отверстия больших диаметров и отверстия под болты, используя далее контурную фрезерную обработку для подчистки материала.

Методы обработки определены, исходя из требований, предъявляемых к точности и качеству готовой детали, для которой выполнялись последовательно черновая, получистовая и чистовая обработки, увеличив точность детали с 17 до 10 квалитета.

Для механической обработки созданы два зенковочных инструмента, состоящие из рабочей части, хвостика и держателя, с нижеприведенными геометрическими параметрами.

Первый инструмент (Рис. 4) имеет длину рабочей части инструмента – 500 мм, диаметр рабочей части инструмента – 262 мм, длину хвостика – 100 мм, диаметр хвостика – 190 мм, длину держателя – 500 мм, диаметр держателя – 190 мм.

Второй инструмент (Рис. 5) имеет длину рабочей части инструмента – 300 мм, диаметр рабочей части инструмента – 152 мм, длину хвостика – 50 мм, диаметр хвостика – 120 мм, длину держателя – 300 мм, диаметр держателя – 120 мм.

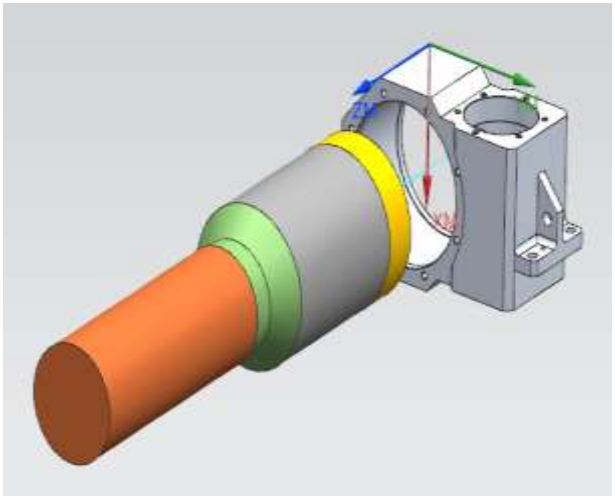


Рис. 4. Зенкование первого отверстия.

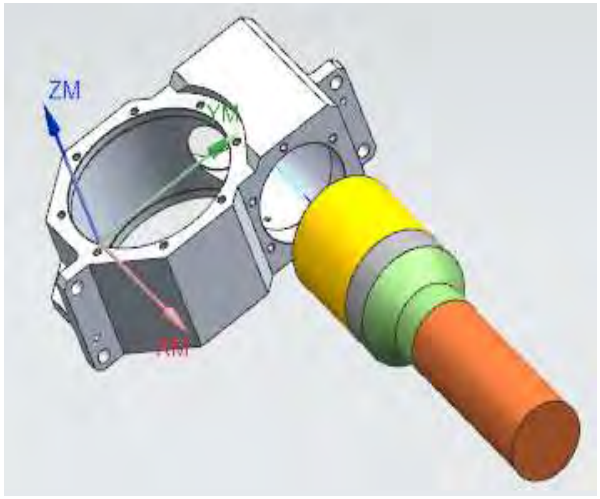


Рис. 5. Зенкование второго отверстия.

Для проведения чернового фрезерования при максимально допустимом режиме резания для выборки наибольшего объема материала за минимальное время был создан режущий инструмент (Рис. 6) с параметрами: длина рабочей части инструмента – 256 мм, диаметр рабочей части инструмента – 30 мм, длина хвостика – 100 мм, диаметр хвостика – 90 мм, длина держателя – 80 мм, диаметр держателя – 120 мм.

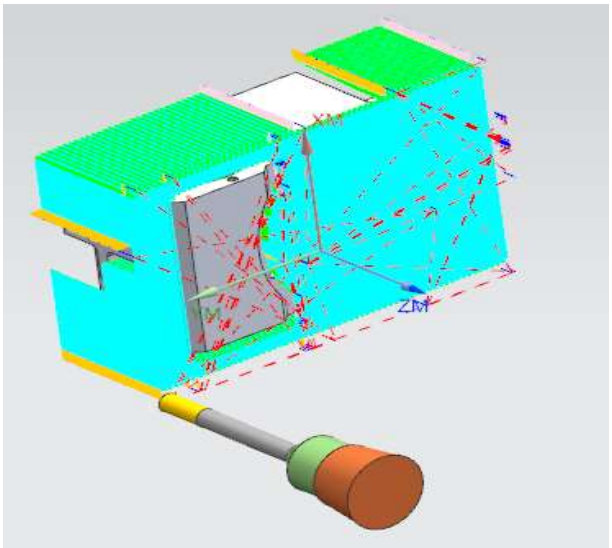


Рис. 6. Фрезерная обработка детали.

На корпусе высверлены отверстия различных назначений.

1. Технологические отверстия для транспортировки редуктора к месту проведения монтажа (Рис. 7), выполненные последовательно с помощью сверла с параметрами: длина рабочей части инструмента – 80 мм, диаметр рабочей части инструмента – 21 мм, длина хвостика – 40 мм, диаметр хвостика – 21 мм, длина держателя – 80 мм, диаметр держателя – 40 мм.

2. Технологические отверстия для крепления червячного редуктора на внутренней поверхности платформы (Рис. 8), выполненные последовательно с помощью сверла с параметрами: длина рабочей части инструмента – 80 мм, диаметр рабочей части инструмента – 21 мм, длина хвостика – 40 мм, диаметр хвостика – 21 мм, длина держателя – 80 мм, диаметр держателя – 40 мм.

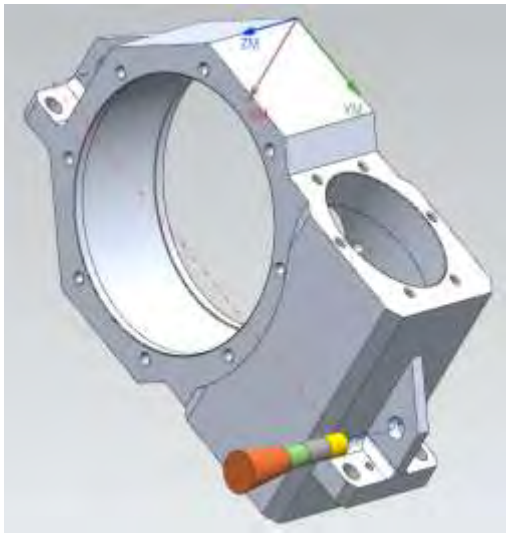


Рис. 7. Сверление отверстий для транспортировки.

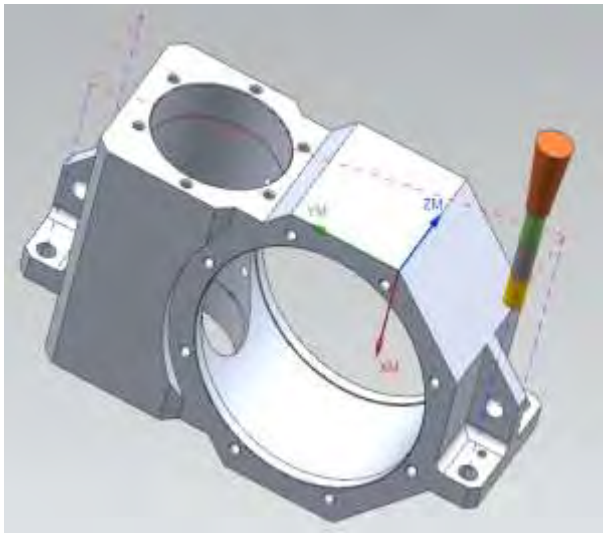


Рис. 8. Сверление отверстий для крепления на внешней поверхности платформы.

3. Технологические отверстия для центрирования деталей при обработке, для временного крепления детали при сборке (Рис. 9), выполненные последовательно с помощью сверла с параметрами: длина рабочей части инструмента – 300 мм, диаметр рабочей части инструмента – 10 мм, длина хвостика – 40 мм, диаметр хвостика – 12 мм, длина держателя – 30 мм, диаметр держателя – 50 мм.

4. Резьбовые отверстия для крепления крышек к корпусу редуктора (Рис. 10), выполненные последовательно 28 отверстий с помощью сверла с параметрами: длина рабочей части инструмента – 300 мм, диаметр рабочей части инструмента – 10,2 мм, длина хвостика – 30 мм, диаметр хвостика – 15 мм, длина держателя – 60 мм, диаметр держателя – 20 мм.

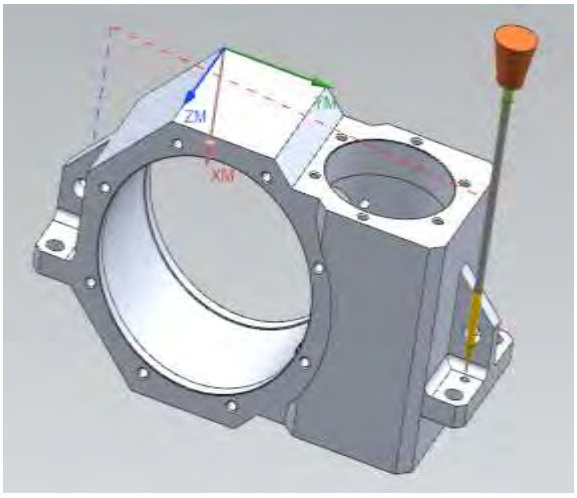


Рис. 9. Сверление отверстий для временного крепления деталей при сборке.

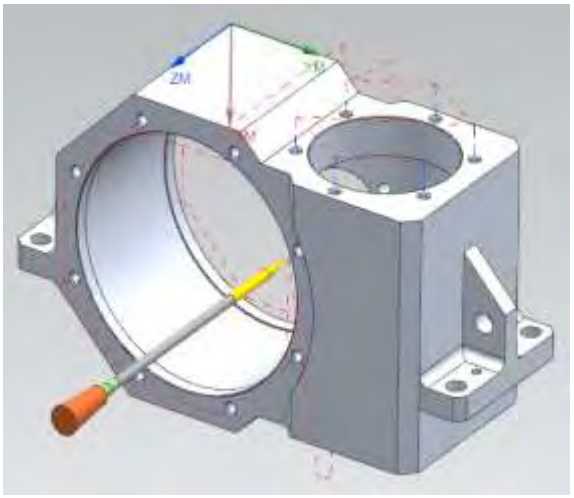


Рис. 10. Сверление отверстий для крепления крышек.

При выполнении получистовой обработки фрезерованием (Рис. 11), заключающейся в обработке внутренних и внешних поверхностей, используемое для уменьшения погрешностей геометрических форм и пространственных отклонений, был создан режущий инструмент с параметрами: длина рабочей части инструмента – 120 мм, диаметр рабочей части инструмента – 24 мм, длина хвостика – 80 мм, диаметр хвостика – 45 мм, длина держателя – 100 мм, диаметр держателя – 80 мм.

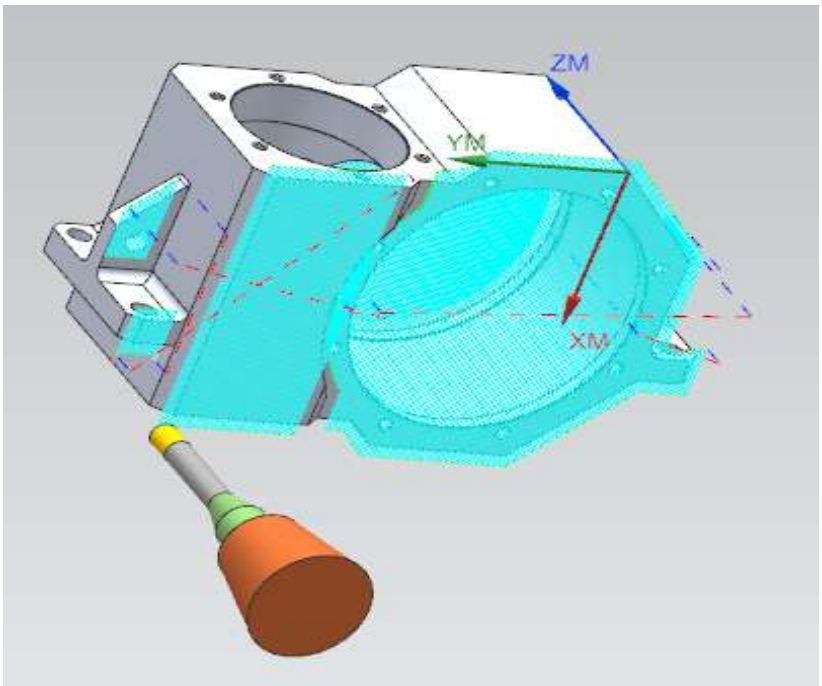


Рис. 11. Получистовая обработка.

Выполняя чистовую обработку (Рис. 12) в части контурного фрезерования по уровням и фрезерования отверстий для достижения заданной

точности размеров и шероховатости обрабатываемых поверхностей, был создан режущий инструмент с параметрами: длина рабочей части инструмента – 100 мм, диаметр рабочей части инструмента – 12 мм, длина хвостика – 35 мм, диаметр хвостика – 15 мм, длина держателя – 65 мм, диаметр держателя – 40 мм.

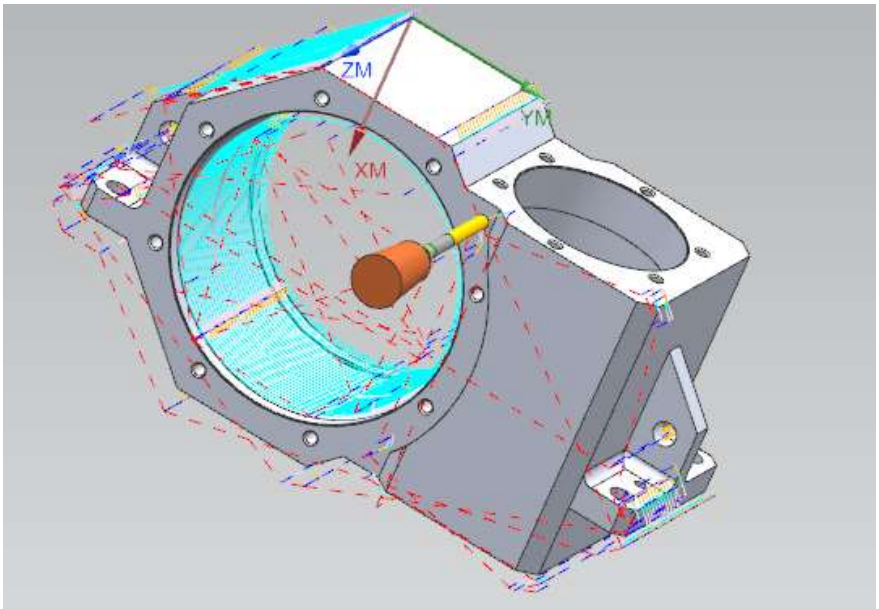


Рис. 12. Чистовая обработка.

Результатом выполненных выше операций будет получение G-кода (Рис. 12) для станка с ЧПУ. В среде Solid Edge CAM Pro была создана программа, выполняющая анализ движения станка, выявляя возможные столкновения, тем самым обеспечивая безопасность и позволяя избежать дорогостоящих ошибок в процессе механической обработки.

```
N0010 G00 G90 X-1.1056 Y15.8076 U0.0 V0.0
N0020 G01
N0030 X-.4202
N0040 X12.6249
N0050 G02 X12.7449 Y15.6309 I.4221 J.4157
N0060 G01 X-.5402
N0070 G03 X-.5872 Y15.4542 I-.5421 J.239
N0080 G01 X12.792
N0090 G02 X12.7951 Y15.3786 I.5892 J.0623
N0100 G01 Y15.2775
N0110 X-.5904
N0120 Y15.1008
N0130 X12.7951
N0140 Y14.9241
N0150 X-.5904
```

Рис. 13 Фрагмент G-кода для станка с ЧПУ.

Станки с ЧПУ являются одним из основных средств автоматизации механической обработки, как в машиностроении, так и в приборостроении. Для проектируемого технологического процесса механической обработки корпуса червячного редуктора выбрано оборудование Стерлитамакского станкостроительного завода, обрабатывающие центры которого характеризуется высокой точностью, надежностью в эксплуатации, ремонтопригодностью и низкой стоимостью по сравнению с импортными аналогами.

Основное преимущество станков с ЧПУ заключается в существенном повышении уровня автоматизации основных рабочих процессов: участие оператора сводится к минимуму, оборудование работает практически автономно. Станки с ЧПУ обладают главным недостатком – цена, но эти недостатки легко перекрываются высокой производительностью и точностью обработки. Тем не менее, несмотря на высокую стоимость оборудования и обслуживания, необходимость в специализированных рабочих, производство рассмотренной детали является целесообразным, поскольку на данный момент потребителю важно качество выпускаемой продукции, которое может обеспечить автоматизированное производство и сведение человеческого фактора к минимуму.

Полученный G-код для станка с ЧПУ значительно упростит работу инженера, но в тоже время данное упрощение требует умения и навыков работы с подобными станками. Ошибка инженера может обойтись очень дорого предприятию, а может и вовсе привести к поломке станка. Для предотвращения подобных ситуаций в проекте был визуализирован процесс обработки в программе CAM Pro. Решения Solid Edge CAM Pro для производства включают комплексные средства симуляции, анализирующие движения станка, выявляя возможные столкновения. Симуляция происходит на базе выходных данных постпроцессора, поэтому для проверки доступны все траектории перемещения, включенные в финальную версию программы.

Литература

1. Основы конструирования в Solid Edge. Пособие по проектированию изделий в приборостроении / Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 272 с.: ил.

2. Основы проектирования в Solid Edge (начальный курс). / С.П. Грачев Изд. Siemens PLM Software, 2011 – 94 с.: ил.

3. Технологии приборостроения / Под общей редакцией зав. каф. «Технология приборостроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана д.т.н., профессора Бушминского И.П. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 679 с.

4. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ. В 2-х томах. 2 том. / Г.Б. Евгенев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 360 с.

5. Выбор режимов резания / Б.Д. Даниленко, Н.Н. Зубков. Под редакцией В.С. Булошникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.

Определение параметров работы воздушной системы термостатирования

И.Л. Мартюшева,
студентка 3 курса кафедры космических приборов и систем,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета)
e-mail: martyushevail@student.bmstu.ru

Аннотация. *Представлено расчетно-теоретическое обоснование технической возможности запуска ракеты космического назначения с высокими требованиями к температурно-влажностному режиму с использованием уже существующего технологического оборудования.*
Ключевые слова: *ракета космического назначения, температурно-влажностный режим, воздушная система термостатирования.*

Specification of the parameters of the air temperature control system

I.L. Martyusheva,
3d year student of Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty, Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The paper presents a theoretical and computational substantiation of the technical feasibility of launching an ILV with high requirements for temperature and humidity conditions using existing technological equipment.*
Keywords: *space rocket, temperature and humidity conditions, air temperature control system.*

Создание в Российской Федерации ракет-носителей и пилотируемого транспортного корабля нового поколения, разработка концепции сверхтяжелого носителя, а также соответствующая этим работам модернизация наземной космической инфраструктуры, ставят перед предприятиями ракетно-космической промышленности задачи разработки нового поколения технологического оборудования (ТО), обеспечивающего полный цикл подготовки составных частей ракеты космического назначения (РКН) к пуску [1].

При этом создание подобного технологического оборудования влечет за собой и создание систем управления этим ТО. Задачи управления требуют понимания процессов, происходящих в технологических системах, и их моделирования.

В частности, одной из подобных систем является система термостатирования КГЧ на старте.

К системам термостатирования предъявляются противоречивые требования. Помимо общей экономичности системы термостатирования должны обеспечивать температурный диапазон в пределах +5…+25°С с градиентами не более 1°С/м при транспортировании и хранении твердотопливных ракет и высокостабильный температурный режим с погрешностью не более 2°С по всей конструкции головных частей ракетно-космической техники [2]. Превышение заданных в техническом задании неравномерностей температур может оказывать существенное влияние на эксплуатационные свойства изделия.

Таким образом, определение параметров работы системы термостатирования представляет собой актуальную задачу в рамках разработки нового поколения технологического оборудования.

В данной работе определяются параметры работы воздушной системы термостатирования, в частности массовый расход воздуха, подаваемого под головной обтекатель перспективной РКН тяжелого класса.

В качестве результирующих приводятся результаты, полученные для зимнего режима эксплуатации, поскольку зимой тепловая нагрузка на систему термостатирования выше в силу большей разности температур между наружным воздухом и воздухом под головным обтекателем.

Для зимнего режима учитываются конвективный теплообмен между ГО и КА, конвективный теплообмен между обтекателем и окружающей средой, теплообмен излучением между ГО и КА, между ГО и окружающей средой.

Расчетная схема приведена на Рис. 1.

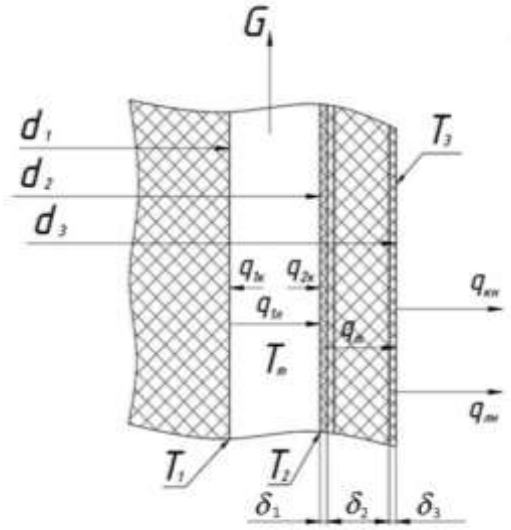


Рис. 1. Расчетная схема для зимнего режима термостатирования КГЧ.

Расчет производился в программном комплексе Excel при помощи метода последовательных приближений на основании материалов, изложенных в работах [3, 4].

Параметры окружающей среды:

– температура наружного воздуха $T_{н} = -50\ °C = 223\ К$;

– скорость ветра $V_{в} = 15\,\frac{м}{с}$;

– солнечная радиация $q_{с} = 0\,\frac{Вт}{м^2}$.

Параметры воздуха подаваемого под головной обтекатель:

– температура $T_m = 20\,℃ = 293\,К$;

– допускаемое отклонение температуры по длине головного обтекателя $\Delta T_m = \pm 5\,К$;

Параметры КГЧ и ТЧ:

Основные размеры:

– $d_1 = 6{,}79\,м$;

– $d_2 = 6{,}99\,м$;

– $d_3 = 7{,}104\,м$;

– $L = 29\,м$;

степени черноты:

– $\varepsilon_1 = 0{,}9$;

– $\varepsilon_2 = 0{,}5$;

– $\varepsilon_3 = 0{,}2$;

площади поверхностей:

– $F_1 = \pi \cdot d_1 \cdot L = \pi \cdot 6{,}79 \cdot 29 = 618{,}6\,м^2$;

– $F_2 = \pi \cdot d_2 \cdot L = \pi \cdot 6{,}99 \cdot 29 = 636{,}8\,м^2$;

– $F_3 = \pi \cdot d_3 \cdot L = \pi \cdot 7{,}104 \cdot 29 = 647{,}2\,м^2$;

Толщины слоев

– $\delta_1 = 0{,}005\,м$; толщина стенки ГО.

– $\delta_2 = 0{,}05\,м$; толщина теплоизоляции.

– $\delta_3 = 0{,}002\,м$; толщина покрытия Корунд на внешней стороне ГО.

Коэффициенты теплопроводности слоев

– $\lambda_1 = 0{,}75\,\frac{Вт}{м} \cdot К$; стеклопластик.

– $\lambda_2 = 0{,}034\,\frac{Вт}{м} \cdot К$; thermaflex.

– $\lambda_3 = 0{,}0021\,\frac{Вт}{м} \cdot К$; корунд.

В соответствии с методом последовательных приближений были заданы следующие неизвестные параметры:

Задание неизвестных параметров:

– температура поверхности объекта термостатирования $T_1 = 19{,}08\,℃$;

– температура внутренней поверхности ГО $T_2 = 16{,}82℃$;

– температура наружной поверхности термочехла $T_3 = -47{,}82℃$;

Путем подбора значения нужной величины было определено подходящее значение массового расхода воздуха $G_{в} = 4\,\frac{кг}{с}$.

Определение конвективных коэффициентов теплоотдачи на наружной и внутренней поверхностях производилось при помощи методов теории подобия.

Расчет суммарного наружного коэффициента теплоотдачи:

– число Рейнольдса для наружной поверхности ТЧ:

$$Re_з = \frac{V_в \cdot d_з}{\nu_н}$$

– число Прандтля:

$$Pr_з = -0{,}0005 \cdot (T_з) + 0{,}7124$$

– число Нуссельта:

$$Nu_н = 0{,}28 \cdot Re_з^{0{,}6} \cdot Pr_н^{0{,}36} \cdot \left(\frac{Pr_н}{Pr_з}\right)^{0{,}25}$$

– коэффициент конвективной теплоотдачи на наружной поверхности:

$$\alpha_{кн} = \frac{Nu_н \cdot \lambda_н}{d_з}$$

– температура окружения (для вертикальных стенок равна наружной температуре):

$$T_{окр} = T_н = 223К;$$

– коэффициент лучистой теплоотдачи на наружной поверхности:

$$\alpha_{лн} = \varepsilon_з \cdot c_0 \cdot \frac{\left[\left(\frac{T_з}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{окр}}{100}\right)^4\right]}{T_з - T_н}$$

– суммарный наружный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_{\sum н} = \alpha_{кн} + \alpha_{лн}$$

Коэффициенты теплоотдачи на поверхности ГО:

– приведенная степень черноты системы КА – ГО:

$$\varepsilon_{1з} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)}$$

– коэффициент лучистой теплоотдачи на поверхности ГО:

$$\alpha_{1л} = \varepsilon_{12} \cdot c_0 \cdot \frac{\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]}{T_1 - T_2}$$

– скорость воздуха в зазоре:

$$W_в = \frac{4 \cdot G_в}{\rho_m \cdot (d_2^2 - d_1^2) \cdot \pi}$$

при $W_в > 1 \rightarrow$ конвекция вынужденная;

– эквивалентный диаметр воздушного зазора:

$$d_э = d_2 - d_1$$

$$Re_э = \frac{W_в \cdot d_э}{\nu_m}$$

$$Nu_э = 0{,}021 \cdot Re_э^{0{,}8} \cdot Pr_m^{0{,}4}$$

– коэффициент конвективной теплоотдачи на поверхности ГО:

$$\alpha_{1к} = \frac{Nu_э \cdot \lambda_m}{d_э}$$

Расчет суммарного коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности:

– коэффициент лучистой теплоотдачи на внутренней поверхности:

$$\alpha_{2л} = \varepsilon_{12} \cdot c_0 \cdot \frac{\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]}{T_m - T_2} \cdot \frac{F_1}{F_2}$$

– коэффициент конвективной теплоотдачи на внутренней поверхности:

$$\alpha_{2к} = \alpha_{1к}$$

– суммарный коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности:

$$\alpha_{2\Sigma} = \alpha_{2л} + \alpha_{2к}$$

Расчет результирующего теплового потока:

– коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{2\Sigma}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_э}{\lambda_э} + \frac{1}{\alpha_{\Sigma н}}}$$

– суммарная плотность теплового потока:

$$q_\Sigma = K \cdot (T_m - T_н)$$

– суммарный тепловой поток:

$$Q_\Sigma = q_\Sigma \frac{F_2 + F_3}{2}$$

Для подтверждения результатов расчета и проведения итераций методом последовательных приближений используются зависимости:

$$T_1 = \frac{\alpha_{1к} \cdot T_m + \alpha_{1л} \cdot T_2}{\alpha_{1к} + \alpha_{1л}}$$

$$T_2 = T_m - \frac{q_\Sigma}{\alpha_{2\Sigma}}$$

$$T_3 = T_н + \frac{q_\Sigma}{\alpha_{\Sigma н}}$$

При достижении заданной разности между текущим и предыдущим значениями температур происходит остановка расчета.

Основные результаты расчета для зимнего режима эксплуатации системы термостатирования приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета

Обозначение	Величина	Значение	Размерность
$\alpha_{кн}$	Коэффициент теплоотдачи конвекцией на наружной поверхности ТЧ	11,74	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{лн}$	Коэффициент теплоотдачи излучением на наружной поверхности ТЧ	0,51	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{\Sigma н}$	Суммарный коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ТЧ	12,25	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{1л}$	Коэффициент теплоотдачи излучением на поверхности ОТ	2,68	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{1к}$	Коэффициент теплоотдачи конвекцией на поверхности ОТ	6,62	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{2л}$	Коэффициент теплоотдачи излучением на внутренней поверхности ТЧ	1,85	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{2к}$	Коэффициент теплоотдачи конвекцией на внутренней поверхности ТЧ	6,62	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
$\alpha_{2\Sigma}$	Суммарный коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ТЧ	8,47	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
K	Коэффициент теплопередачи между внутренним и наружным воздухом	0,38	$\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
q_{Σ}	Плотность суммарного теплового потока	26,62	$\frac{Вт}{м^2}$
Q_{Σ}	Суммарный тепловой поток	17 091	Вт
$G_{в}$	Потребный массовый расход воздуха	4	кг/с
T_1	Температура поверхности ОТ	19,08	°С
T_2	Температура внутренней поверхности ГО	16,828	°С
T_3	Температура наружной поверхности ТЧ	- 47,83	°С

По результатам проведенных расчетов был сделан вывод, что при использовании теплоизолирующих покрытий и теплоизолирующего чехла, даже с учетом сильно возросших габаритов обтекателя относительно используемых в настоящее время, необходимые мощности и расходы воздуха незначительно превышают мощности и расходы в системах, созданных к настоящему моменту.

Так параметры ВСОТР РН Ангара А5 на космодроме Плесецк:

Расход, кг/ч 6000 - 15000 кг/ч,

В рассмотренном случае минимально необходимый расход воздуха составил 14400 кг/ч.

Таким образом, можно сделать вывод, что на базе уже существующего ТО может быть создана новая система, которая обеспечит запуск РКН с рассматриваемыми выше параметрами.

Литература

1. Александров, А.А., Бармин, И.В., Денисов, О.Е., Чугунков, В.В. Инновационные направления в развитии и эксплуатации наземной космической инфраструктуры технических комплексов космодромов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2018. – вып. 5. http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-5-1765

2. Пучков, В.М., Царев, А.В. Определение теплового состояния твердотопливной ракеты в ТПК при ее наземной эксплуатации / Методич. указания. − М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. − 2007. − 29 с.

3. Игрицкий, В.А., Пучков, В.М., Чугунков, В.В. Тепломассоперенос в системах и элементах конструкций стартового оборудования: Метод. указания – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 24 с.: ил

4. Чугунков, В.В. Теплопередача при сложном теплообмене на поверхностях конструкций. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

Определение оптимальных условий запуска груза с поверхности Луны на Землю

В.И. Бобровник,
студент 3 курса кафедры космических приборов и системы,
Приборостроительный факультет
Московского государственного технического университета
имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета),
А.Г. Маслов,
ассистент кафедры физики МГТУ им. Н.Э. Баумана
e-mail: bobrovnikvi@student.bmstu.ru

***Аннотация**. В работе рассмотрена возможность доставки грузов с поверхности Луны на Землю методом импульсного старта с помощью электромагнитного ускорителя. Рассмотрена задача поиска оптимальных траекторий достижения Земли с использованием импульсного старта с разных точек лунной поверхности под разными углами к горизонту. Составлены уравнения движения КА в рамках задачи четырех тел, учитывающие влияние Солнца и несферичности Земли на траекторию полета. Произведен поиск траекторий, обеспечивающих попадание КА на заданную высоту над поверхностью Земли. Задача решена при помощи факторного численного эксперимента. Для решения задачи создания постоянного грузового сообщения с Землей предложены оптимальные точки и условия импульсного запуска, рассчитаны параметры электромагнитного ускорителя, массогабаритные характеристики КА и стартовой установки.*
***Ключевые слова:** траектория, импульсный старт, электромагнитный ускоритель, задача четырех тел.*

Determination of the optimal conditions for launching cargo from the surface of the Moon to the Earth

V.I. Bobrovnik,
3d year student of Department of Space Instruments and Systems,
Instrument-making Faculty,
A.G. Maslov,
Assistant of Department of Physics,
Bauman Moscow State Technical University

***Abstract**. The paper considers the possibility of delivering cargo from the lunar surface to the Earth by the pulsed start method using an electromagnetic accelerator. The problem of finding the optimal trajectories for reaching the Earth using an impulse start from different points of the Lunar surface at different angles to the horizon is considered. Equations of spacecraft motion within the framework of the four-body problem are compiled, taking into account the influ-*

ence of the Sun and the Earth's nonsphericity on the flight trajectory. A search was made for trajectories that ensure that the spacecraft hit a given height above the Earth's surface. The problem was solved using a factorial numerical experiment. To solve the problem of creating a permanent cargo communication with the Earth, the optimal points and conditions for a pulsed launch are proposed, the parameters of the electromagnetic accelerator, the mass-dimensional characteristics of the spacecraft and the launch facility are calculated.
Keywords: *trajectory, impulse start, electromagnetic accelerator, four-body problem.*

На сегодняшний день идея колонизации Луны является наиболее перспективной [1]. Планы по созданию инфраструктуры вблизи Луны включены в программы лидирующих мировых космических агентств. Среди них лунная программа Роскосмоса по высадке человека на поверхности Луны и созданию лунной базы, орбитальная окололунная станция и база на поверхности Луны в рамках программы «Artemis» NASA.

На Луне есть условия для создания производств различных специфических изделий в условиях малой гравитации, поиска и добычи полезных ископаемых, не имеющих аналогов на Земле, таких как, Гелий-3 [2, 3]. Расчеты показывают, что на поверхности Луны, в результате падения астероидов, может находиться до 14 млн тонн платины и платиноидов [4], цена за 100 кг которых достигает нескольких миллионов долларов. Отсюда возникает необходимость иметь постоянное грузовое сообщение с Землей.

В литературе рассмотрены два способа решения данной проблемы – классический метод доставки с использованием реактивных двигателей большой тяги. Этот способ подразумевает запуск с Земли ракеты-носителя, выводящей на орбиту нашей планеты разгонный блок и космический аппарат (КА), несколько активных участков траектории для достижения Луны, посадку на поверхности, загрузку образцов, и снова несколько активных участков для возвращения на Землю. Данный метод существует давно и с его помощью осуществлялась и осуществляется доставка образцов грунта с поверхности Луны. В данной области ведутся работы по оптимизации энергетики перелета [5], однако для вышеописанной проблемы классический метод доставки является малоэффективным, т.к. он включает в себя колоссальные энергозатраты, связанные с необходимостью доставки КА и топлива на поверхность Луны с поверхности Земли.

Второй, альтернативный метод заключается в использовании энергетических установок, запускающих КА без помощи топлива. Для данных целей предлагается использование электромагнитных ускорителей, например, кольцевых [6]. Минусами такого подхода является сложность конструкции и необходимость использования постоянных и сверхпроводящих электромагнитов.

В данной работе рассмотрен способ доставки грузов с поверхности Луны при помощи рельсотрона. Предлагается запускать грузовые космические аппараты, наделенные системами автоматики, системой незначи-

тельной корректировки орбиты и парашютной системой. Запущенный космический аппарат будет осуществлять движение по орбите достижения Земли, с последующим торможением в верхних слоях атмосферы и парашютированием. В работе рассчитаны параметры установки, оценены ее масса-габаритные характеристики и вычислены необходимые скорости запуска при импульсном старте в различных точках запуска.

Предложенный метод, по сравнению с классическим запуском, не требует доставки на Луну топлива и ракет, а по сравнению с кольцевыми ускорителями имеет более простую конструкцию и не нуждается в электромагнитах, благодаря использованию системы из двух проводящих рельс и эффекта движения разгоняемого тела, вызванного влиянием электродинамических сил.

Для решения поставленной задачи использована физико-математическая модель [7], позволяющая проводить расчеты траекторий движений КА с интересующими нас начальными условиями. Рассмотрено движение КА, Луны, Земли и Солнца. Для расчета использовалась невращающаяся декартовая трехмерная геоцентрическая система координат. Оси OX и OY направлены в плоскости орбиты Луны, относительно Земли.

При движении в такой системе отсчета действуют силы притяжения Луны и Земли, как материальных точек, Солнца и других планет солнечной системы. Возмущения планет Солнечной системы, в силу большого расстояния до них и малой массы, в сравнении с массой Солнца, оказывают малое влияние и не участвуют в расчете.

Таким образом, задача моделирования орбиты сведена к решению задачи четырех тел. Вышеописанных условий и упрощений вполне достаточно для проведения оценочного расчета и поиска интересующего интервала начальных скоростей. Использованная система дифференциальных уравнений, описывающая движение космического аппарата в рассматриваемой системе координат, в проекциях на соответствующие оси, приведена ниже:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 x}{\partial t^2} = \dfrac{\partial U}{\partial x} + GM_L\left(\dfrac{|r_{L_x}|}{|r_L|^3} - \dfrac{|R_{L_x}|}{|R_L|^3}\right) + GM_S\left(\dfrac{|r_{S_x}|}{|r_S|^3} - \dfrac{|R_{S_x}|}{|R_S|^3}\right), \\ \dfrac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \dfrac{\partial U}{\partial y} + GM_L\left(\dfrac{|r_{L_y}|}{|r_L|^3} - \dfrac{|R_{L_y}|}{|R_L|^3}\right) + GM_S\left(\dfrac{|r_{S_y}|}{|r_S|^3} - \dfrac{|R_{S_y}|}{|R_S|^3}\right), \\ \dfrac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \dfrac{\partial U}{\partial z} + GM_L\left(\dfrac{|R_{k_z}|}{|r_L|^3}\right) + GM_S\left(\dfrac{|r_{S_z}|}{|r_S|^3} - \dfrac{|R_{S_z}|}{|R_S|^3}\right), \\ U = \dfrac{\mu_G}{R_k}\left[1 + \dfrac{2\cdot 10^{16}}{R_k^2}\left(1 - 3\dfrac{R_{kz}^2}{R_k^2}\right)\right]. \end{cases} \quad (1)$$

где U – силовая функция гравитационного поля Земли; x, y, z – координаты КА; G – гравитационная постоянная; M_L, M_S – массы Луны и Солнца; μ_G – гравитационный параметр Земли; r_L, r_S – радиусы-векторы Луны и Солнца, относительно КА; R_L, R_S, R_k – радиусы-векторы Луны, Солнца и КА относительно центра Земли.

В начальный момент времени ось OY направлена строго в центр Луны, нулевой меридиан выбран в точке пересечения данной оси и поверхности видимой части Луны. Для каждой точки запуска составлены начальные условия. Положение точки запуска в плоскости орбиты Луны определяется углом φ, который отсчитывается, согласно схеме на Рис. 1.

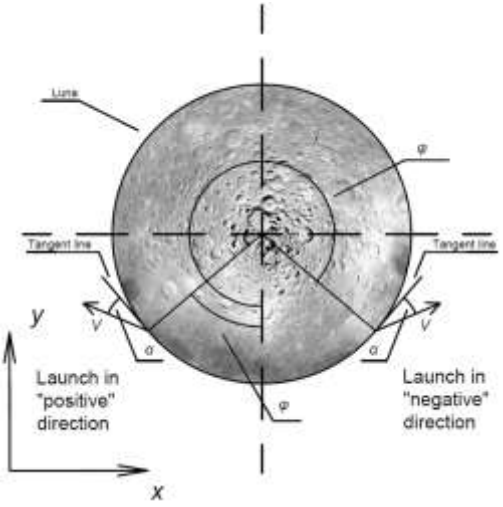


Рис. 1. Схема отсчета углов запуска КА.

Угол α определяет угол запуска КА относительно горизонта. Так как время разгона КА внутри рельсотрона намного меньше времени разгона КА до той же скорости с использованием классических топливных двигателей, активный участок траектории не рассматривается: КА набирает заданный импульс моментально.

Начальные условия сформулированы следующим образом:

$$\begin{cases} x(0) = X(0) - R_{lnch.}^{(x)}, \\ y(0) = Y(0) - R_{lnch.}^{(y)}, \\ z(0) = 0, \\ x'(0) = X'(0) - v_{st.}^{(x)} - v_L^{(x)}, \\ y'(0) = Y'(0) - v_{st.}^{(y)} - v_L^{(y)}, \\ z'(0) = v_L^{(z)}. \end{cases} \quad (2)$$

где $X(t)$ и $Y(t)$ – закон движения Луны по собственной орбите, $R_{ст.}$ – координаты точки старта КА, $v_{нач}$ – скорость запуска КА, v_L - проекция скорости вращения Луны.

Таким образом, при помощи варьирования начальной скорости, угла запуска и точки запуска получены траектории переходных орбит, с точностью, удовлетворяющей требованиям оценочного расчета. Система уравнений (1), с использованием начальных условий (2), решалась методом Рунге-Кутта четвертого-пятого порядка Фельберга с интерполяционным многочленом четвертой степени программного пакета Maple.

Наибольшую относительную полезную нагрузку, вследствие отсутствия необходимости использования двигательной установки, КА будет нести при расположении перигея орбиты в пределах атмосферы Земли, в результате чего происходит естественное торможение КА в атмосфере в течение одного или нескольких витков, с последующей посадкой на поверхность. Изменяя высоту перигея орбиты, можно управлять количеством витков КА на орбите ИСЗ, временем нахождения на орбите, силой торможения и, как следствие, тепловой нагрузкой на КА. В данной работе рассматриваются орбиты, перигей которых лежит ниже 120 км над уровнем моря.

В результате, задача поиска необходимой характеристической скорости сведена к поиску минимальной начальной скорости, благодаря которой траектория движения КА сможет удовлетворять вышеописанным требованиям. Поиск производится методом факторного эксперимента для углов запуска, начальных скоростей, из некоторого диапазона, для различных точек запуска, с последующим решением дифференциального уравнения с выбранной начальной скоростью и нахождением минимального расстояния от КА в некоторый момент времени до центра Земли в заданной системе координат.

Таким образом, была получена зависимость минимальных начальных скоростей и времени движения КА по найденным траекториям от точек запуска в плоскости орбиты Луны, Рис. 2 и 3.

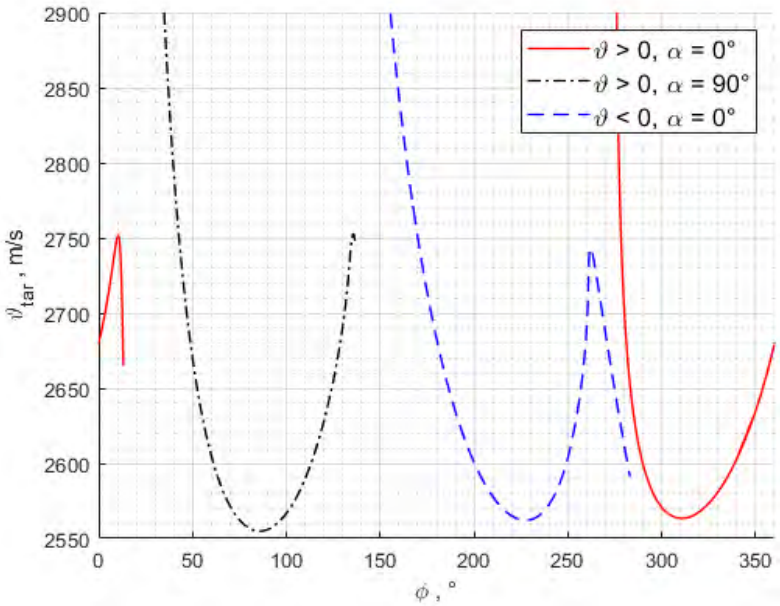


Рис. 2. Зависимости минимальных начальных скоростей искомых траекторий от точки запуска в плоскости орбиты Луны.

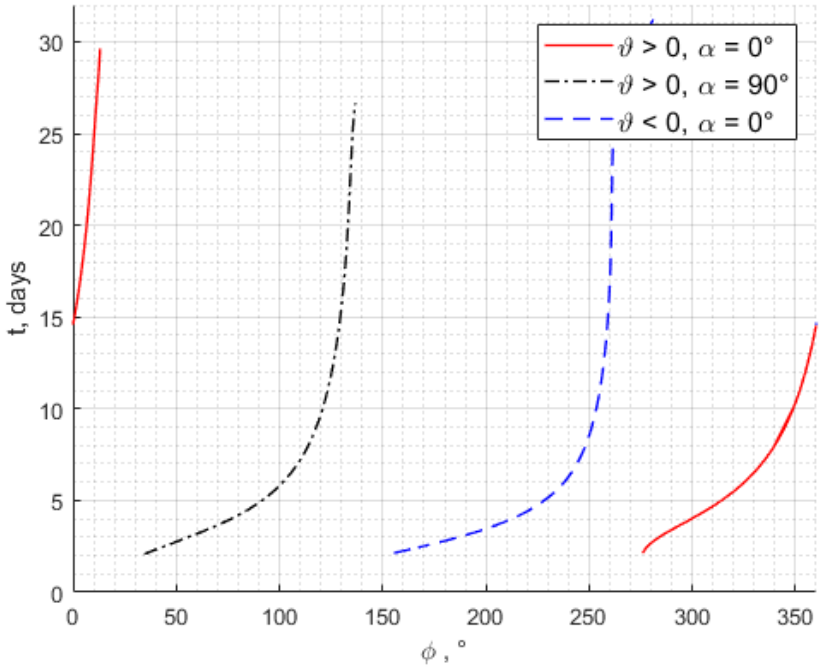


Рис. 3. Время движения КА по найденным траекториям с момента старта до момента достижения перигея.

Из полученных данных были выбраны точки наибольшего интереса: 85.8, 310.6 и 227.5 градуса. Траектории в данных точках соответствуют минимальным скоростям запуска.

Точка 85.8 соответствует вертикальному старту. В данном случае возможно разместить установку под поверхностью Луны, по аналогии с ракетами шахтного базирования. Был произведен расчет зависимости характеристик траекторий в данной точке от угла запуска, относительно горизонта, Рис. 4 и 5.

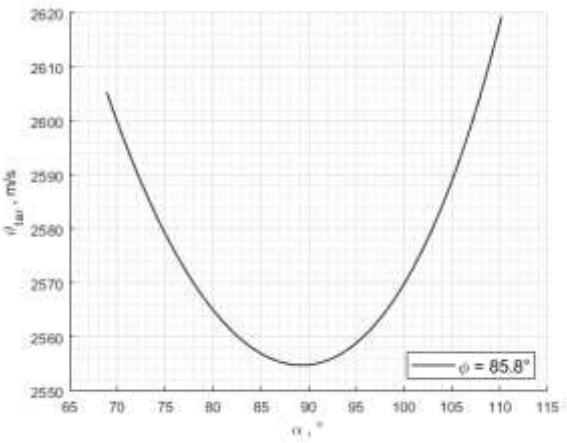


Рис. 4. Зависимости минимальных начальных скоростей в точке 85.8° от угла запуска к горизонту.

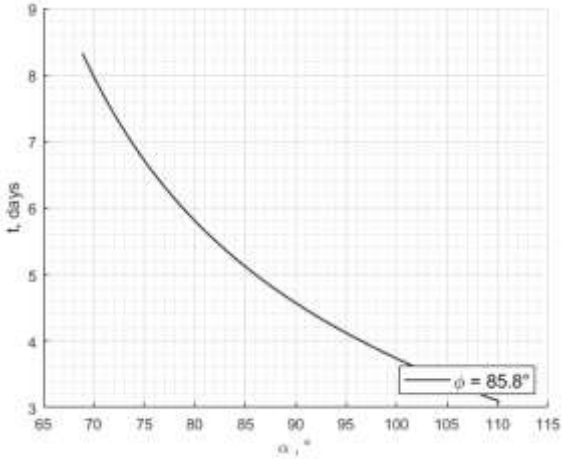


Рис. 5. Зависимости времен движения по траекториям в точке 85.8° от угла запуска к горизонту.

Минимальной начальной скорости соответствует угол 89.2 градуса, относительно горизонта. При увеличении данного угла можно сократить время полета КА. Характеристики рассмотренной точки приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Характеристики траектории в точке 85.8°

Параметр	Значение
Начальная скорость	2554.8 ± 0.3 м/с
Селенографические координаты точки старта	3.88° с.ш. и 94.09°з.д.
Время движения	4.57 суток
Угол ϕ	85.8°
Угол относительно горизонта	89.2°
Угол входа в атмосферу	3.81°
Скорость при входе в атмосферу	11004.34 м/с

Погрешность скорости пуска рассчитывалась как разность скоростей, перигей траекторий которых находится на высоте 120 км и на поверхности Земли.

Больший интерес вызывают точки 310.6 и 227.5 градуса. В данном случае мы производим запуск КА под малым углом к горизонту, что упрощает задачу строительства электромагнитной установки. Был произведен расчет зависимости характеристик траекторий в данной точке от угла запуска, относительно горизонта. При увеличении данного угла можно сократить время полета КА. Оптимальным углом запуска относительно горизонта принят угол 0 градусов. Зависимости минимальной начальной скорости и времени движения по найденной траектории приведены на Рис. 6 и 7.

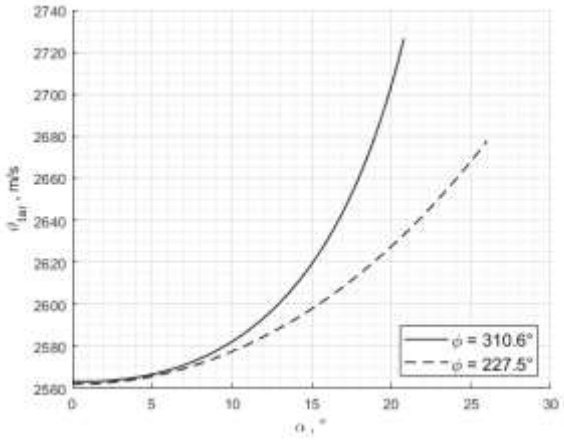


Рис. 6. Зависимости минимальных начальных скоростей в точках 310.6° и 227.5° от угла запуска к горизонту.

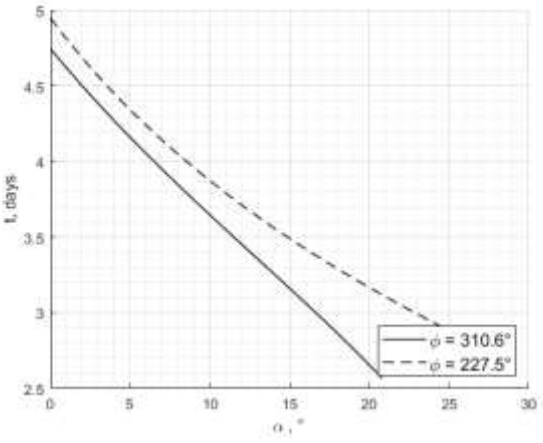


Рис. 7. Зависимости времен движения по траекториям в точках 310.6° и 227.5° от угла запуска к горизонту.

Характеристики рассмотренных траекторий приведены в Таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Характеристики траектории в точке 310.6°

Параметр	Значение
Начальная скорость	2563.6 ± 0.3 м/с
Селенографические координаты точки старта	3.34° ю.ш. и 40.48° в.д.
Время движения	4.74 суток
Угол ϕ	310.6°
Угол относительно горизонта	0°
Угол входа в атмосферу	3.53°
Скорость при входе в атмосферу	11001.16 м/с

Таблица 3. Характеристики траектории в точке 227.5°

Параметр	Значение
Начальная скорость	2562.3 ± 0.3 м/с
Селенографические координаты точки старта	3.47° с.ш. и 137.38° в.д.
Время движения	4.94 суток
Угол ϕ	227.5°
Угол относительно горизонта	0°
Угол входа в атмосферу	3.89°
Скорость при входе в атмосферу	11005.21 м/с

Видно, что для последующего достижения заданного интервала высоты над поверхностью Земли необходимо обеспечить большую точность запуска. При дальнейших расчетах используются данные, соответствующие углу 310,6°. Результаты, полученные в данной работе, показывают, что задача изучения траекторий, позволяющих достичь Земли из других точек лунной поверхности, актуальна для дальнейших исследований.

Для оценки массогабаритных параметров электромагнитного ускорителя был произведен расчет требуемых характеристик установки. Для расчета была использована физико-математическая модель, позволяющая определить скорость метаемого тела в зависимости от параметров ускорителя.

Выражение для скорости метаемого тела имеет вид [9]:

$$v(t) = \frac{p_1 p_2 L' C^2 U_0^2}{4m(p_1 - p_2)^2}\left(\frac{4p_1 p_2}{p_1 + p_2} e^{(p_1+p_2)t} - p_2 e^{p_1 t} - p_1 e^{p_2 t} + \frac{(p_1 - p_2)^2}{p_1 + p_2}\right)$$

U_0 - начальное напряжение конденсатора, C – ёмкость конденсатора, m – масса метаемого тела, $p_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$ и $p_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$ - частоты переходного процесса, L' - погонная индуктивность, которая для рассматриваемого сечения КА равна следующему значению: $L' = 2{,}16 \cdot 10^{-5}\ \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$

Для оценки длины рельс выбраны следующие параметры установки: $L = 5 \cdot 10^{-2}$ Гн -общая индуктивность установки, $R = 0{,}5$ Ом - сопротивление цепи, $\eta = 0{,}2$ – КПД. Т.к $v = 2563{,}6\frac{\text{м}}{\text{с}}$, для обеспечения запаса максимальная скорость метания должна составить не менее $v_{tar} = 2692\frac{\text{м}}{\text{с}}$. В результате расчета были получены семейства характеристик, представленные на рисунках 8, 9, 10.

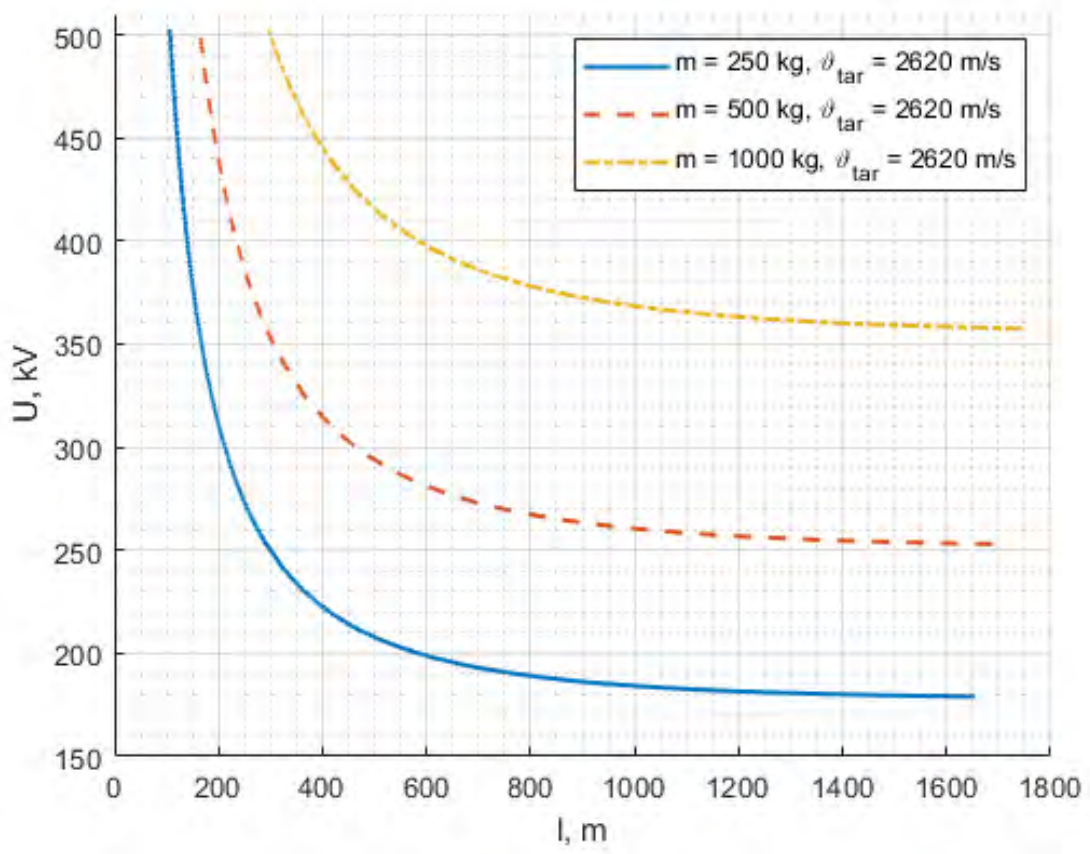


Рис. 8. График зависимостей необходимой длины рельсотрона от контактной разницы потенциалов при различной массе запускаемых КА для достижения заданной скорости.

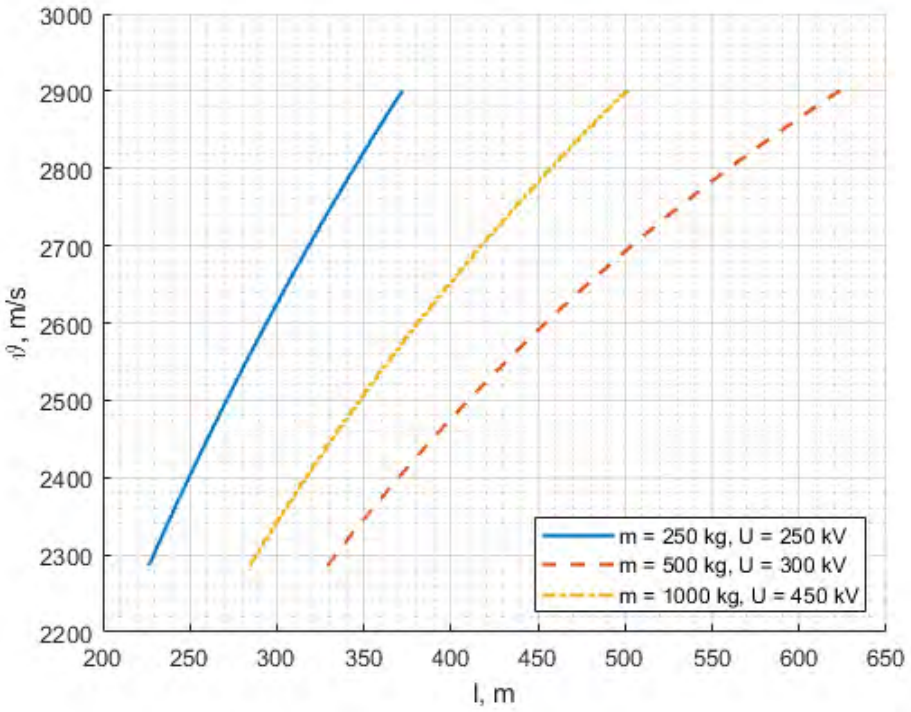


Рис. 9. График зависимостей достижимой скорости запуска от длины рельсотрона при различной массе запускаемых КА и заданном напряжении.

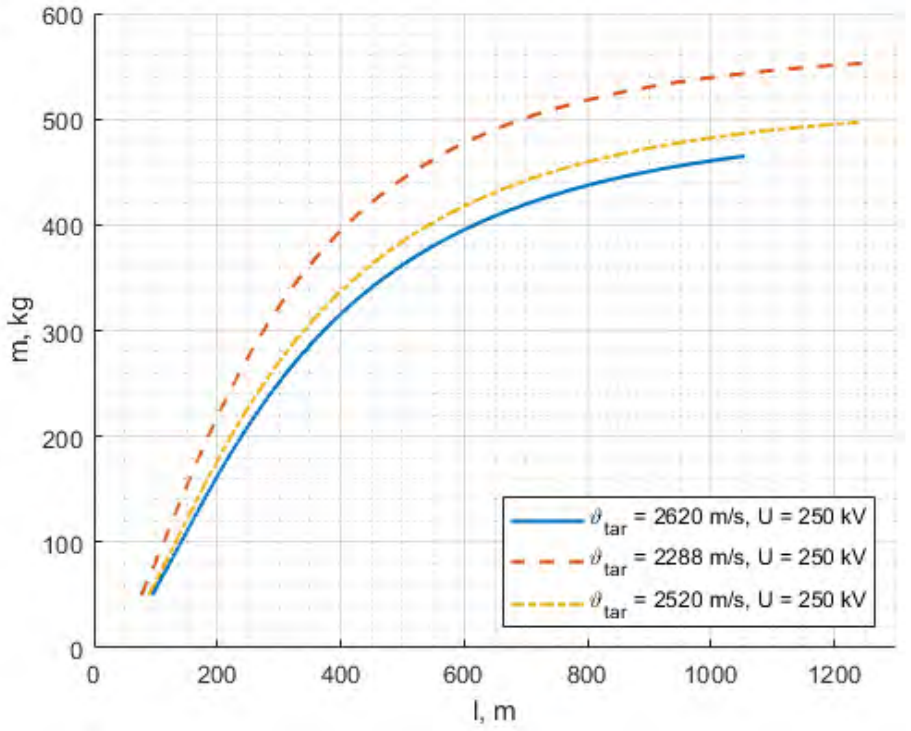


Рис. 10. График зависимостей необходимой длины рельсотрона от массы запускаемых КА при различных скоростях запуска и заданном напряжении.

Расчет произведен на основании характеристик импульсных конденсаторов высокой плотности энергии. С учетом принятого КПД, необходимая энергия, запасаемая в конденсаторах, равна 1,19 МВт·ч.

На основании полученных данных, авторы считают наиболее оптимальными характеристиками – напряжение батареи, равным U_0=250 000 В и емкость, равной С=0,96 Ф. Для хранения такого количества энергии необходимо построить батарею конденсаторов общей массой 85 тонн. Необходимая длина ускорителя – 316.3 м.

Произведенные расчеты показывают, что траектории достижения Земли при импульсном старте существуют. На основании произведенных расчетов показано, что запуск следует производить из плоскости орбиты Луны из точки 310.6° (3.34° ю.ш. и 40.48° в.д.). Для осуществления запуска потребуется установка рельсового электромагнитного ускорителя длиной 316.3 м и номинальным напряжением 250 кВ. Таким образом, строительство установки представляет сложную, но технически исполнимую задачу. Скорость запуска КА в таком случае составит 2563 м/с, а время движения по заданной траектории, до границы с атмосферой, менее 5 дней.

Литература

1. Morozhenko, A.V., Vidmachenko, A.P. Moon Base and Problems of Global Changes on the Earth // Journal of Automation and Information Sciences. – 2004 – vol. 36, Issue 11. – P. 27-31.

2. Thomas-Vazquez, D, Jason, J, Gregory, H, Smith, H, Forester, G. Helium-3 study on the lunar surface // Aerospace Internationa. – Issue 5(2). – P. 23-28.

3. Slyuta, E, Abdrakhimov, A., Galimov, E. The estimation of Helium-3 probable reserves in lunar Regolith // Lunar and Planetary Science Conference. – 2007. – Vol. 3.

4. Shevchenko, V.V. Utilization of the asteroid subject on the Moon – a more economic way to obtain cosmic resources of high value Space // Engineering and Technology. – 2018, Issue 1(20). – P. 5-22.

5. Ivashkin, V.V., Petukhov, V.G. Trajectories of low-thrust flight between the orbits of Earth and Moon satellites when using the Moon capture orbit // Keldysh Institute preprints. – 2008. – №81. – 32 p.

6. Efimov, V.V., Stoiko, S.F. Device for launching a payload from planets without atmosphere. – Patent of Russia № 2368543. – 2009. – Byul. № 27.

7. Egorov, V.A., Gusev, L.I. Dynamics of flights between the Earth and the Moon Nauka. – Moscow, 1980. – 544 p.

8. Arstsimovich, L.A., Luk'anov, I.U., Podgornyi, I. M., Chivatin, S.A. Electrodynamic acceleration of plasma bunches Soviet phys. JETP. – 1958.

9. Maslov, A. G., Gerasimov, Y.V., Korzhov, V.V. Estimating the railgun plasma piston rational parameters for the nanosatellite acceleration // Journal of Physics: Conf. – Series 918(2017) 012012.

Система управления солнечным коллектором

В.К. Ковалевский,
магистрант кафедры энергетики и электроники
факультета компьютерных наук и электроники
Полоцкого государственного университета
e-mail: kovalevsky333@mail.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы использования солнечной энергетики. Описаны основные достоинства и недостатки солнечной энергетики. Обоснована необходимость внедрения системы управления в конструкцию солнечного коллектора. Показана структурная схема разрабатываемой системы управления, а также описаны основные механизмы, используемые в данной схеме. Описана гидравлическая схема устройства.*
Ключевые слова: *энергетика, солнце, система управления, коллектор, микроконтроллер.*

Solar collector control system

V.K. Kovalesky,
Master's student of the Department of Energy and Electronics
Faculty of Computer Science and Electronics, Polotsk State University

Abstract. *The article deals with the use of solar energy. The main advantages and disadvantages of solar energy are described. The necessity of introducing a control system into the design of a solar collector has been substantiated. The block diagram of the developed control system is shown, as well as the main mechanisms used in this diagram are described. The hydraulic diagram of the device is described.*
Keywords: *energy, sun, control system, collector, microcontroller.*

Солнечная энергетика – одно из направлений альтернативной энергетики. Разработки из данной области внедряются во многих странах, так как являются наиболее перспективными и чистыми для окружающей среды. Суть данного вида возобновляемого источника энергии в том, что черпается энергия Солнца, а в результате генерируется электричество.

Преимущества солнечной энергии состоят в ее доступности, неисчерпаемости, отсутствии побочных, загрязняющих среду продуктов. К недостаткам следует отнести низкую плотность и прерывистость поступления на поверхность Земли, связанную с чередованием дня и ночи, зимы и лета, погодными изменениями.

Наиболее широкое применение солнечная энергетика нашла в системах теплоснабжения. Они служат для горячего водоснабжения, отопления и других нужд, что позволяет значительно уменьшить использование традиционных топливных ресурсов.

В настоящее время солнечная энергия используется в ограниченных масштабах в жилых и других зданиях. Наиболее освоены устанавливаемые на крышах солнечные коллекторы, обеспечивающие дешевую горячую воду для бытовых нужд. Более 1 млн таких нагревательных приборов установлено в России, Японии, Австралии и других странах.

В зависимости от вида коллектора процесс преобразования солнечной энергии в тепловую имеет свои особенности. Однако в любом случае солнечное излучение нагревает теплоноситель (воду, антифриз), протекающий в трубках. Далее уже нагретый теплоноситель попадает в остальные элементы системы и продолжает циркулировать. В плоских коллекторах для преобразования солнечной энергии в тепловую используется абсорбер – металлические пластины (медные и алюминиевые), посредством которых передается тепло теплоносителю. Вакуумные же представляют собой две трубки, вложенные друг в друга, пространство между ними заполнено вакуумом, что позволяет снизить теплопотери. Внутри находится медная трубка, по которой перемещается испаряющаяся жидкость. Тепло от стенок трубки к медной трубке передается посредством алюминиевого экрана. Затем тепло от вакуумных трубок передается в теплосборник. В воздушных коллекторах в качестве теплоносителя используется воздух, однако этот вид достаточно редкий и не встречается в наших странах.

Преимуществами солнечного коллектора являются:

Экономия топлива. Летом солнечные коллектора способны полностью закрыть потребность здания в горячей воде. В межсезонье – весной и осенью, коллектора снижают нагрузку на газовый котел, что в конечном итоге сокращает потребление газа. В зимнее время коллектора работают с очень низкой эффективностью.

Энергонезависимость. Используя солнечный коллектор для отопления, вы снижаете собственную зависимость от газа. Коллектор является дополнительным источником тепла. Как минимум, в летнее время вы сможете бесплатно получать горячую воду, не используя для этого газ. Аналогичный результат вы можете получить при отоплении тепловым насосом.

Доступность. Для установки солнечного коллектора не требуется разрешение. Все что нужно – сантехник с прямыми руками и компетентный продавец, знающий все особенности и тонкости монтажа.

Долгий срок службы. Срок службы коллектора – более 15 лет. А значит, вы очень долго сможете пользоваться бесплатным солнечным теплом.

Их основными недостатками являются:

Стоимость. Цены на солнечные коллекторы для нагрева воды плавают от 500 долларов до 1000 евро за штуку. А целая система «под ключ», состоящая из двух коллекторов, будет стоить от 2500 долларов. Немалые начальные вложения со сроком окупаемости от 7 до 10 лет.

Непостоянство. Солнце нельзя включать и выключать по собственному желанию. Поэтому коллектора нельзя рассматривать как единственный источник тепла.

Нужен бак-накопитель. Для работы солнечных коллекторов требуется бак-накопитель. Если в вашей отопительной системе он не предусмот-

рен, то это повлечет дополнительные затраты на покупку коллекторов. В итоге, исходя из всей описанной информации, можно сделать вывод: солнечная энергетика – одно из наиболее перспективных развитий энергетики будущего, но при всех своих достоинствах она имеет ряд недостатков, которые ставят под сомнение ее использование. Такими недостатками являются:

- долгая окупаемость оборудования;
- низкий КПД при использовании солнечного коллектора (панели) в умеренном климатическом поясе.

Дабы нивелировать данные недостатки необходимо использовать системы управления. Основная задача любой системы управления, является увеличение производительности управляемого устройства. Следовательно, увеличивая производительность, мы уменьшаем срок окупаемости оборудования для солнечного коллектора. Структурная схема разрабатываемой системы управления солнечным коллектором представлена на Рис. 1.

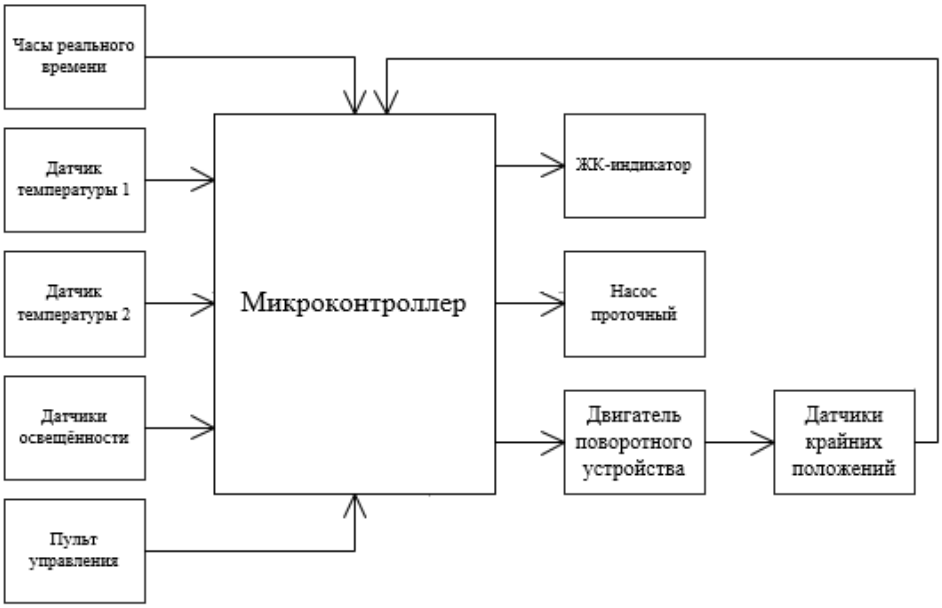


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой системы управления солнечным коллектором.

Часы реального времени.

В данной системе управления используется микросхема часов реального времени DS1302.

Микросхема DS1302 содержит часы реального времени с календарем и 31 байт статического ОЗУ. Она общается с микропроцессором через простой последовательный интерфейс. Информация о реальном времени и календаре представляется в секундах, минутах, часах, дне, дате, месяце и годе. Если текущий месяц содержит менее 31 дня, то микросхема автоматически определит количество дней в месяце с учетом високосности текущего года. Часы работают или в 24-часовом, или 12-часовом формате с индикатором AM/PM (до полудня, после полудня). Подключение DS1302 к микропроцессу упрощено за счет синхронной последовательной связи [3].

Датчик температуры.

В данном устройстве будут применяться два датчика температуры DS18B20.

Датчик DS18B20 – это цифровой измеритель температуры, разрешением преобразования 9 - 12 разрядов и функцией тревожного сигнала контроля за температурой. Параметры контроля могут быть заданы пользователем и сохранены в энергонезависимой памяти датчика. Питание датчик может получать непосредственно от линии данных, без использования внешнего источника. Диапазон измерения температуры жидкости составляет от минус 55 до плюс 125 °С.

Датчик освещенности.

В качестве датчика освещенности будут использованы фоторезисторы марки СФ2-2. Для большей чувствительности устройства управления солнечным коллектором нужно использовать три таких датчика.

Фоторезистор представляет собой полупроводниковый радиоэлемент, который меняет свое сопротивление в зависимости от освещения. Для видимого света (солнечный свет или свет от ламп освещения) используют материалы: сульфид или селенид кадмия. Есть также фоторезисторы, которые регистрируют инфракрасное излучение. Фоторезисторы широко применяются в полиграфии для обнаружения обрывов бумажной ленты, подаваемых в печатную машину. Они также осуществляют контроль уровня жидкости и сыпучих тел, являются неотъемлемой частью автоматических выключателей света.

Микроконтроллер – микросхема, предназначенная для управления электрическими устройствами. Контроллеры для солнечных коллекторов предназначены для повышения эффективности и автоматизации процесса нагрева воды. Микроконтроллером для данного устройства был выбран Atmega328p на базе Arduino Uno.

Arduino Uno – это устройство, которое построено на основе микроконтроллера ATmega328p. В его состав входит все необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов (выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем USB, разъем питания, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса.

ЖК-индикатор.

Это – устройство размерностью 1602 (т.е. по 16 символов в двух строках) на базе контроллера HD44780; являются одними из самых простых, доступных и востребованных дисплеев для разработки различных электронных устройств. Его можно встретить, как в простых, так и в промышленных устройствах.

Данные дисплеи имеют два исполнения: желтая подсветка с черными буквами либо, что встречается чаще, синяя подсветка с белыми буквами.

Пульт управления – устройство для контроля и управления работой устройств и процессов.

Функции пульта управления в схеме:

- установка реального времени;
- установка времени поворота в исходное состояние;

• установка температуры жидкости для включения проточного насоса;

• включение, отключение поворотного двигателя;

• включение, отключение устройства.

Насос проточный.

Побудителем движения теплоносителя в циркуляционном контуре является насос. С помощью него создается необходимый перепад давлений, компенсирующий гидравлические сопротивления в системе, и обеспечивается проток жидкости с требуемым расходом. Работа насоса характеризуется следующими рабочими характеристиками: подача, мощность и КПД.

Насосы используются в гелиосистемах с принудительной циркуляцией (такая система на 30% эффективнее системы с естественной циркуляцией) и предназначены для обеспечения циркуляции теплоносителя в коллекторном круге (бак-коллекторы-бак).

Гидравлическое сопротивление коллекторного круга достаточно мало, это дает возможность использовать маломощные насосы, потребляемая мощность которых ничтожно мала по сравнению с полученной тепловой энергией от солнечных коллекторов. Мощность необходимого насоса зависит от нескольких факторов:

• количества солнечных коллекторов;

• используемого теплоносителя (вода, антифриз);

• длины и диаметра трубопровода от солнечных коллекторов до бака.

В данной системе управления будет использоваться проточный насос «Oasis CNP15/9», который имеет ряд преимуществ:

• минимальный уровень шума в рабочем режиме;

• удобная установка в труднодоступных местах;

• высокие показатели подачи по сравнению с аналогичными циркуляционными насосами;

• малые геометрические размеры и вес;

• три режима работы: «MANUAL» – насос работает постоянно при подключении с однофазной электрической сетью 220 В, «AUTO» – насос работает в автоматическом режиме от датчика потока при открытии (закрытии) крана расхода, «OFF» – насос отключен от работы при присоединении к электросети;

• возможность работать с различными водными средами.

Двигатель поворотного устройства.

Этот механизм, необходим нам для движения солнечного коллектора по траектории солнца.

В качестве данного устройства был использован двигатель РД-09. Он применяется для работы в качестве исполнительных двигателей в следящих системах автоматических приборов, игровых автоматов, электрогрилей, дозаторов подачи жидкостей, сыпучих материалов. Также его неотъемлемым достоинством является то, что он может работать в реверсном режиме. Данная функция необходима нам для перемещения коллектора из точки захода в точку восхода солнца. Схема реверсирования двигателя РД-09 представлена на Рис. 2.

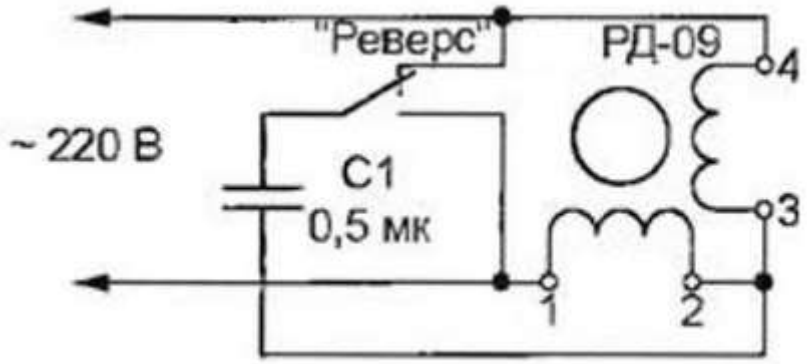


Рис. 2. Схема реверсирования двигателя РД-09.

Как видно из схемы, ток из сети переменного тока будет поступать на соответствующие обмотки электродвигателя, при этом при помощи ключа конденсатор С будет подключаться к требуемой обмотке, чем обеспечивается реверсивное включение моторредуктора.

Датчики крайних положений.

Датчик перемещения – это прибор, предназначенный для определения величины линейного или углового механического перемещения какого-либо объекта. Они необходимы нам для ориентации солнечного коллектора в пространстве. Данные датчики позволяют микроконтроллеру определять границы действия самого коллектора. Границы действия солнечного коллектора – это восход и закат солнца. Поэтому данных датчиков должно быть два. При проектировании устройства в качестве датчиков крайних положений будут использоваться кольцевые индуктивные датчики I7R201.

Индуктивный датчик – это преобразователь параметрического типа, принцип действия которого основан на изменении индуктивности или взаимоиндуктивности обмотки с сердечником, вследствие изменения магнитного сопротивления магнитной цепи датчика, в которую входит сердечник.

Широкое применение индуктивные датчики находят в промышленности для измерения перемещений и покрывают диапазон от 1 мкм до 20 мм. Также можно использовать индуктивный датчик для измерения давлений, сил, уровней расхода газа и жидкости и т.д. В этом случае измеряемый параметр с помощью различных чувствительных элементов преобразуется в изменение перемещения, и затем эта величина подводится к индуктивному измерительному преобразователю.

Достоинства индуктивных датчиков:

- простота и прочность конструкции, отсутствие скользящих контактов;
- возможность подключения к источникам промышленной частоты;
- относительно большая выходная мощность (до десятков Ватт);
- значительная чувствительность.

Недостатки индуктивных датчиков:

- точность работы зависит от стабильности питающего напряжения по частоте;
- возможна работа только на переменном токе.

Разработка и описание гидравлической схемы устройства.

Гидравлическая схема – это технический документ, содержащий в виде условных графических изображений или обозначений информацию о строении изделия, его составных частях и взаимосвязи между ними, действие которого основывается на использовании энергии сжатой жидкости.

Гидравлическая схема подключения солнечной водонагревательной установки изображена на Рис. 3.

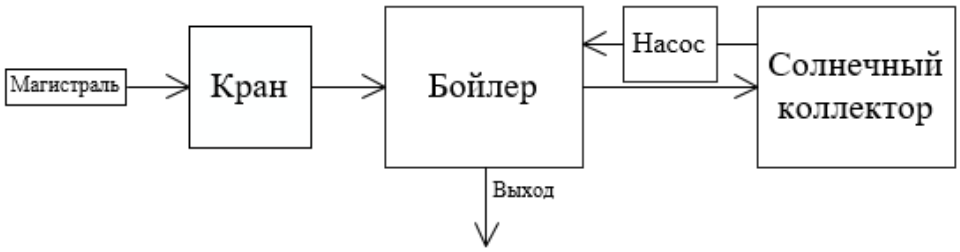


Рис. 3. Гидравлическая схема солнечной водонагревательной установки.

Солнечная водонагревательная установка состоит из солнечного коллектора, бойлера (бака с водой) и насоса. При открытом кране вода из водопроводной магистрали попадает в бойлер. Далее через солнечный коллектор циркулирует вода, которая нагревается энергией солнца и затем с помощью насоса принудительно закачивается в бойлер. В бойлере горячая вода хранится до момента ее использования, поэтому он должен иметь хорошую теплоизоляцию.

Литература

1. Теория электрических цепей: учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-39 01 01 «Радиотехника» / С.П. Алиева. – Новополоцк: ПГУ, 2010. – 364 с.

2. Метрология и радиоизмерения: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-39 01 01 «Радиотехника» / Сост. и общ. ред. В.Ф. Янушкевича. – Новополоцк: ПГУ, 2005. – 304 с.

3. Петровский, А.А. Микропроцессорная техника. Учебное пособие по курсовому проектированию / А.А. Петровский, Г.В. Таранов. – Минск: БГУИР. – 2005. – 51 с.

4. Микроконтроллеры AVR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.electromonter.info/handbook/13/ElectromagneticRelay.

5. Ширман, Я.Д. Теоретические основы радиолокации / Я.Д. Ширман, В.Н. Голиков, И.Н. Бусыгин, Г.А. Костин. – М.: Советское радио. – 1970. – С. 559.

6. Саплин, Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников: Учебное пособие / Л.А. Саплин, С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина, Ю.П. Ильин. – Челябинск: ЧГАУ, 2000.

7. Часы реального времени [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Maxim/timing/rtc/serial/DS1302.htm.

8. Двигатель РД-09 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://glavmex.ru/forum/viewtopic.php?f=13&t=18497.

Анализ методов определения мест повреждения кабельных линий на основе методов неразрушающего контроля

О.Н. Рощин
магистрант 2 курса,
А.Н. Бабаевский,
к.т.н., доцент;
кафедра электроэнергетики и электротехники Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
e-mail: rochshinoleg@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы анализа существующих методов определения мест повреждения кабельных линий на основе неразрушающей диагностики.*
Ключевые слова: *кабельная линия, мониторинг, диагностика.*

The analysis of methods used to locate the damaged spots of cable lines based on the methods of non-destructive testing

O.N. Roshchin,
2nd year master's student,
A.N. Babaevskii,
Ph.D., Associate professor;
Department of Electric Power Engineering and Electrical Engineering,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract. *The article examines the aspects of analysis of currently existing methods used to locate the damaged spots of cable lines based on the non-destructive testing.*
Keywords: *cable line, monitoring, diagnostics.*

Для повышения надежности электроснабжения потребителей производится оценка состояния изоляции кабельных линий, которая служит для принятия решений по продолжению их эксплуатации, ремонта или замены. В большинстве случаев состояние изоляции кабельных линий определяется испытанием повышенным напряжением в соответствии с действующими нормативами (ПУЭ и нормы испытаний электрооборудования).

Положительные результаты испытаний повышенным напряжением промышленной частоты кабельных линий не дают гарантий безаварийной последующей их эксплуатации. Наиболее опасны такие испытания для кабельных линий с большим сроком службы.

С помощью испытаний повышенным напряжением промышленной частоты невозможно выявить дефекты, особенно на ранних стадиях их развития в связи неэффективностью применяемых для этого методов и неправильно выбранной периодичности испытаний.

Объективные данные о техническом состоянии изоляции кабельных линий можно получить только диагностическими методами. Предупреждающая диагностика позволит своевременно исключить повреждения в кабельных линиях на основе своевременной оценки состояния изоляции.

Данные методы более эффективные и полезные по сравнению с существующей системой измерений и испытаний. Новая система диагностики способна предотвратить множество аварий и сэкономить средства для послеаварийного восстановления кабельных линий.

Диагностика кабельных линий

Диагностика кабельных линий выполняется методами, не приводящими к старению и ухудшению изоляции. С помощью данных методов можно определить не только техническое состояние, но и вовремя локализовать имеющиеся дефекты. Комплексная диагностика различными методами неразрушающего контроля дает возможность оценить степень старения изоляции и ориентировочно рассчитать остаточный ресурс кабеля.

Кроме того, применение диагностических методов позволяет:

− производить проверку качества монтажа при вводе в эксплуатацию и ремонтах;

− предотвратить перебои в подаче электроэнергии;

− экономить затраты на техническое обслуживание;

− экономить затраты за счет частичной замены элементов кабельных систем;

− осуществлять надежный контроль качества после ремонта.

Методы диагностики

В настоящее время на основе применения современных технологий были созданы компактные диагностические системы и приборы для неразрушающей диагностики силовых кабельных линий в условиях эксплуатации, которые могут использоваться либо как отдельные переносные системы, либо могут быть встроены в передвижные лаборатории.

К наиболее популярным сегодня методам диагностики относятся:

− метод измерения характеристик частичных разрядов;

− метод измерения диэлектрических потерь изоляции;

− метод измерения и анализа возвратного напряжения;

− тепловизионный контроль;

− рефлектометрия.

Метод измерения характеристик частичных разрядов в силовых кабельных линиях

В силовых кабельных линиях, напряжением до 35 кВ, основными причинами снижения электрической прочности изоляции в процессе длительной эксплуатации является воздействие частичных разрядов (ЧР) и повышенных температур.

В кабелях с бумажно-пропитанной изоляцией ЧР возникают в воздушных включениях, наличие которых происходит во время изготовления данных кабелей. В процессе эксплуатации кабелей с вязкой пропиткой возможно образование пустот в изоляции из-за нагрева и охлаждения кабелей и поперечного распределения пропиточного состава. При длительном воздействии ЧР приводят к старению изоляции, так как они вызывают эрозию твердого диэлектрика. В этой зоне повышается температура, появляются продукты распада, воздействующие на изоляцию. Эти процессы со временем приводят к пробою изоляции.

Существуют различные способы измерения характеристик ЧР, как на отключенных от сети КЛ, так и под рабочим напряжением без отключения КЛ от сети.

Так, на первом этапе происходит контроль изоляции под рабочим напряжением, при этом возможно несколько вариантов его технической реализации:

− измерение характеристик ЧР под рабочим напряжением;

− измерение тангенса угла диэлектрических потерь под рабочим напряжением;

− осциллографирование токов и напряжений в сети, а также в цепях заземления.

Наиболее точным и простым в анализе результатов является первый способ, когда еще на стадии непрерывного контроля можно определить тип дефекта и в ряде случаев даже локализовать его местонахождение. При измерении тангенса угла диэлектрических потерь или осциллографировании на первом этапе происходит лишь определение факта наличия и развития дефекта в изоляции, по результатам которого необходим переход ко второму этапу. Второй этап диагностики подразумевает точное определение типа дефекта и его локализацию для последующего ремонта. Выбор метода диагностирования на втором этапе происходит, исходя из полученных на первом этапе данных о наблюдаемом дефекте.

Данные методы не оказывают разрушительного влияния на изоляцию кабельных линий, так как подаваемые при испытаниях напряжения не превышают значения 1,73Uном. Недостатки у них тоже имеются – для получения многих характеристик придется временно выводить линию из работы, но даже в этом случае вывод из работы заранее запланирован и не является аварийным.

Для локализации места возникновения дефекта используется метод рефлектометрии, при котором на линию подается импульс, который впоследствии отражается от места дефекта и от второго конца линии. Зная разницу во времени отраженных импульсов, а также скорость распространения импульса по кабельной линии, определяется расстояние до местонахождения дефекта от конца кабельной линии.

Компания ЭКРА предлагает решение по непрерывному мониторингу частичных разрядов высоковольтных кабелей под нагрузкой.

Это – стационарная система непрерывного онлайн-мониторинга активности (ЧР) в электрической изоляции высоковольтных кабельных систем, в том числе концевых и соединительных муфт, находящихся в работе. Система надежно выявляет дефекты изоляции, связанные с ЧР, и локализует место их возникновения по всей длине высоковольтных кабелей.

Данные об активности ЧР синхронно собираются высокочастотными трансформаторами тока (ВЧТТ) (Рис. 1), установленными на шинах заземления экранов или соединительных шинах всей кабельной арматуры, и передаются в устройство сбора данных для предварительной обработки. Технология, основанная на статистическом методе динамической рефлектометрии (sTDR) при измерении на обоих концах, обеспечивает точное определение расположения дефектов ЧР по всей длине высоковольтных кабелей.

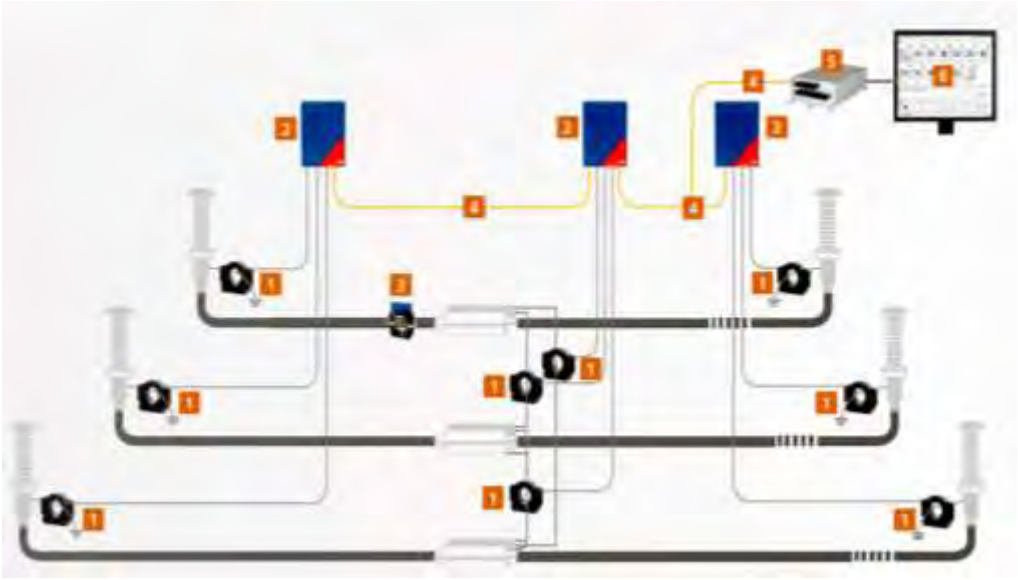


Рис. 1. Структурная схема подключения компонентов системы.
1 – высокочастотный трансформатор тока, 2 – устройство сбора данных,
3 – индуктивный источник питания, 4 – волоконно-оптическая связь,
5 – главный блок управления, 6 – центральный компьютер с ПО для мониторинга.

Система подходит для мониторинга ЧР, как коротких, так и длинных кабельных линий, в том числе в кабелях, проложенных в грунте или туннеле.

Программное обеспечение дает возможность просматривать состояние всей контролируемой кабельной системы на обзорном экране в режиме реального времени.

Измерение диэлектрических потерь изоляции

Изоляция токоведущей жилы кабеля относительно других жил и заземленной оболочки в трехфазном кабеле и относительно заземленной оболочки в одножильном кабеле образует емкость, изолирующая способность которой характеризуется диэлектрическими потерями в ней, а также тангенсом угла диэлектрических потерь tgd. При наличии местного дефек-

та на начальной стадии развития, например, на кабельной линии, величина tgd изменится незначительно. Однако изменение tgd будет наблюдаться при наличии дефекта, в зависимости от приложенного напряжения. Именно по характеристикам изменения этой величины можно судить о состоянии кабеля и вынести первую оценку состояния изоляции, после чего применить более точный метод по определению типа дефектов.

Метод измерения и анализа возвратного напряжения

Данный метод основан на измерении и анализе зависимостей его от времени прохождения тока зарядки в процессе зарядки емкости диагностируемого кабеля постоянным напряжением 1 и 2 кВ. Эти зависимости характеризуют состояние, степень старения и содержание влаги в изоляции силовых кабельных линий.

Степень старения изоляции оценивается по максимальному возвратному напряжению, скорости нарастания возвратного напряжения и коэффициенту нелинейности (соотношение измеренных величин при разных значениях зарядного напряжения).

Одним из разработчиков данного метода и установок для проведения диагностики методом анализа возвратного напряжения в условиях эксплуатации является фирма Seba KMT. Ею была создана диагностическая система CD 31, предназначенная для диагностики силовых кабельных линий напряжением до 35 кВ, как с полиэтиленовой, так и с бумажной пропитанной изоляцией.

Система состоит из высоковольтного блока (включающего генератор высокого постоянного напряжения, высоковольтный выключатель и разрядное устройство), блока управления и высоковольтных соединительных кабелей. Она подключается к портативному компьютеру через интерфейс для управления процессом диагностики, записи, обработки и архивирования результатов измерения.

Результаты диагностики с использованием системы CD 31 (Рис. 2, Рис. 3) показали следующее: для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией наиболее информативной характеристикой, чувствительной к старению изоляции (гораздо более чувствительной, чем максимальное возвратное напряжение или другие характеристики изоляции), является скорость нарастания возвратного напряжения.

Изоляция новых (несостаренных) кабелей имеет малую интенсивность процессов поляризации и соответственно малую скорость нарастания возвратного напряжения. Для новых кабелей скорости нарастания возвратного напряжения при зарядных напряжениях 1 и 2 кВ (GR1 и GR2) не превышают 5 и 10 В/с соответственно (Рис. 2).

Для кабелей с длительным сроком эксплуатации (более 30- 40 лет) скорость нарастания возвратного напряжения в сильно состаренной изоляции может вырасти в 10-15 раз и более по сравнению со скоростью нарастания возвратного напряжения, характерной для несостаренной бумажной пропитанной изоляции (Рис. 3).

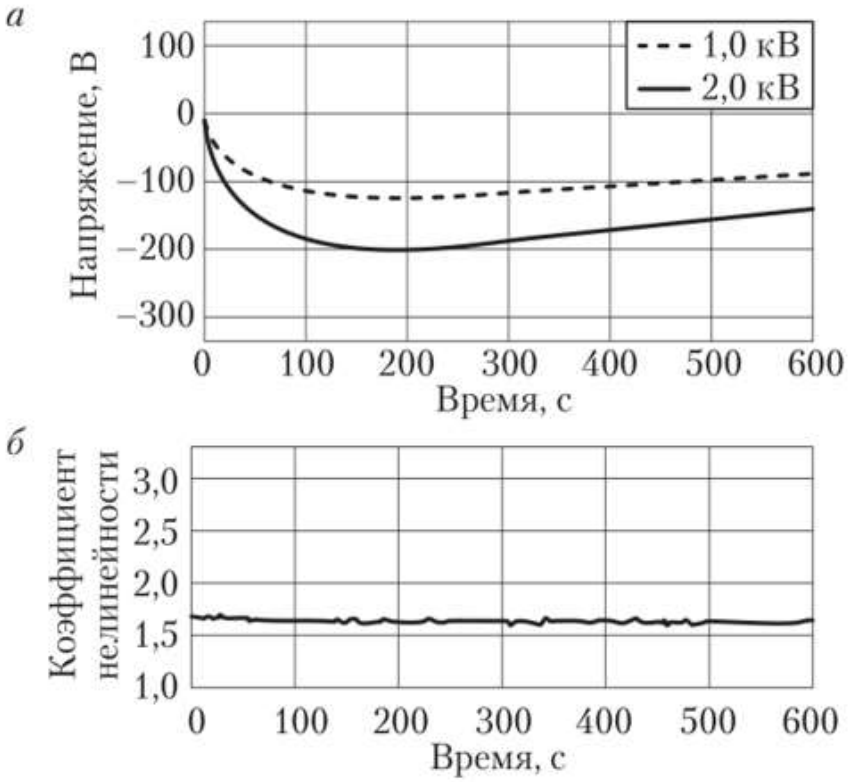


Рис. 2. Кривые возвратного напряжения (а) и коэффициента нелинейности (б) для нового кабеля на напряжение 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией.

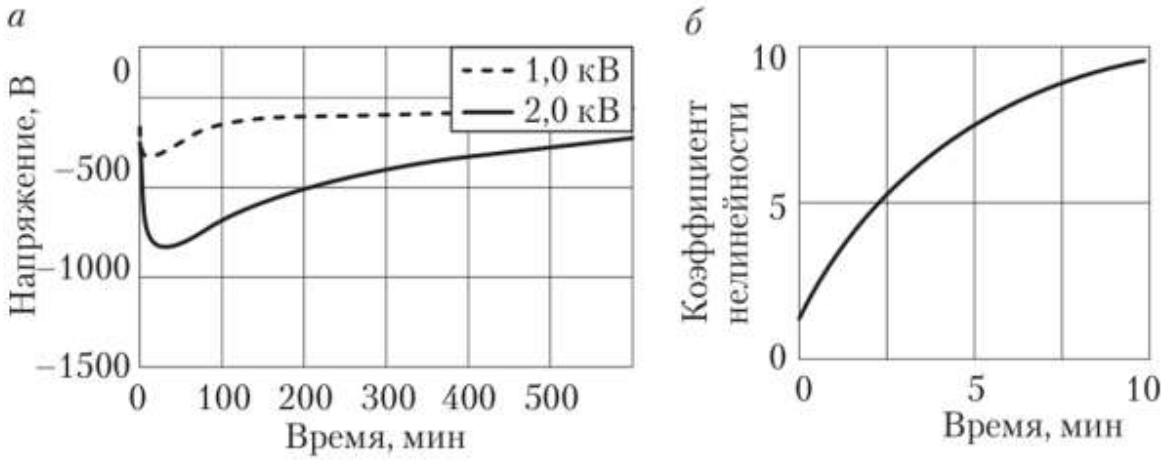


Рис. 3. Кривые возвратного напряжения (а) и коэффициента нелинейности (б) для состаренного кабеля на напряжение 10 кВ с бумажной пропитанной изоляцией.

По увеличению коэффициентов нелинейности можно судить о состоянии изоляции диагностируемых кабелей. Для сильно состаренной бумажной пропитанной изоляции характерно значительное изменение коэффициента нелинейности в зависимости от времени измерения возвратного напряжения (Рис. 3).

Тепловизионный контроль

Можно отметить следующие достоинства тепловизионной диагностики:

− возможность дистанционного, безопасного выполнения диагностики в рабочем режиме в любое удобное время;

− возможность одновременного выполнения диагностики и оперативного обследования большого объема кабельных линий и муфт.

Вывод: Использование неразрушающих способов диагностики кабельных линий с применением диагностического оснащения разрешает оценивать состояние изоляции и локализовать проблемные места в них, не травмируя изоляцию КЛ; принимать правильное решение о последующей эксплуатации или сроках замены кабелей, отработавших нормативный срок эксплуатации; рационально и обоснованно планировать сроки проведения ремонтов КЛ и в целом будет способствовать повышению надежности работы силовых КЛ 6 – 35 кВ с бумажной пропитанной изоляцией.

Литература

1. Акимова, Н.А., Котеленец, Н.Ф., Сентюрихин, Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования; под общ. ред. Н.Ф. Котеленца. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – С. 90-94.

2. Филиппов, А.С., Филиппов, В.А. Ремонт и монтаж кабельных линий. Часть 1. – Мн.: Техноперспектива, 2005. – 375 с.

3. Пантелеев, Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – С. 105.

4. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. – М.: Высш. шк., 2002. – С. 86-90.

5. Шалыт, Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.

6. Аксенов, Ю.П., Ляпин, А.Г., Певчев, Б.Г. Применение рефлектометрии для диагностики кабелей // Электрические станции. – 1997. – № 4.

7. Былина, М.С., Глаголев, С.Ф. Повышение точности определения расстояний по рефлектрограммам кабельных цепей. – Кабель-News, 2011. – № 5.

8. Сайт фирмы «Экра» - https://ekra.ru/.

9. Сайт фирмы «SebaKMT» https://sebakmt.com/.

Моделирование напряженно-деформированного состояния промышленного здания из монолитного железобетона при оптимизации монолитной фундаментной плиты

А.А. Нероба,
магистрант 2 курса,
А.А. Крючков,
к.т.н., доцент;
кафедра строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
e-mail: annakozyreva0603@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматривается моделирование напряженно-деформированного состояния промышленного здания с монолитным железобетонным каркасом на монолитной фундаментной плите в программно-вычислительном комплексе «ЛИРА-САПР». Расчет проводился по методу конечных элементов при различной толщине фундаментной плиты. Удалось оптимизировать фундамент за счет уменьшения объема бетона с добавлением поперечной арматуры. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния фундамента и элементов монолитного железобетонного каркаса после оптимизации в конкретных инженерно-геологических условиях площадки и с учетом специфики здания.*
Ключевые слова: *моделирование, оптимизация, промышленное здание, фундаментная плита, расчетная модель, монолитный железобетонный каркас.*

Modeling of the stress-strain state of an industrial building made of monolithic reinforced concrete when optimizing a monolithic foundation plate

A.A. Neroba,
2nd year master's student,
Ph.D., Associate professor,
A.A. Kryuchkov,
Ph.D., Associate professor;
Department of Construction and Urban Economy
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract. *The article discussed modeling of the stress-strain state of an industrial building with a monolithic reinforced concrete frame on a monolithic foundation plate in the software program «LIRA-SAPR». All the calculations have been*

carried out using the finite element method for different thickness of the foundation plate. Obtained results allowed optimizing the foundation by reducing the amount of concrete with the addition of transverse reinforcement. After being optimized in the specific engineering and geological conditions, the analysis of the stress-strain state of the foundation and the elements of the monolithic reinforced concrete frame has been carried out, at the same time, taking into account building specifics.
Keywords: *modeling, optimization, industrial building, foundation plate, design model, monolithic reinforced concrete frame.*

При проектировании и расчете промышленных зданий из монолитного железобетона, которые относятся по конструктивной схеме к жестким системам, выбор фундамента имеет большое значение. Одним из важнейших факторов при определении напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и фундаментов является подбор расчетной модели, которая способна наиболее полно отобразить конструктивную схему здания [1]. Программно-вычислительный комплекс «ЛИРА-САПР» выполняет идеализацию конструкций в форме, приспособленной к использованию метода конечных элементов, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами и присоединенных к узлам [2].

В настоящее время моделирование взаимодействия надземных конструкций, фундаментов с грунтовым основанием, а также анализ распределения нагрузки от каркаса является одним из наиболее актуальных методов расчета. Оптимальный подбор фундаментов позволяет снизить затраты на возведение здания при сохранении требуемой надежности [3].

В качестве примера, ниже приведены результаты анализа проектных решений бесподвального трехэтажного промышленного здания калориферной установки. В целом размер здания в плане (габаритный) – 42,75х28,64 м, с радиусом окружности 21,375 м с прямоугольной частью в плане с размерами 7,265х42,75 м (в осях). В центральной части здания предусмотрено помещение подачи подогретого воздуха в калориферный вентканал.

Полукруглая часть здания обусловлена радиальным размещением оборудования, подающим нагретый наружный воздух в центральную часть. Специфика формы здания напрямую влияет на подбор фундамента. При данных инженерно-геологических условиях, расчете на продавливание и других факторах целесообразно принять монолитную железобетонную фундаментную плиту, толщиной 100 см, соответствующую форме здания.

Наружные самонесущие стены выполняются из трехслойных железобетонных стеновых панелей. Высота по парапету в прямоугольной части здания в осях А-В/1-2 составляет 14,7 м, в полукруглой части – 13,5 м. Величина пролетов – 4,65; 8,94 м. Несущий каркас состоит из монолитных железобетонных колонн 40х70 см, а также балочного монолитного пере-

крытия с размерами больших балок 60х30 см, малых балок 40х20 см и толщиной монолитных плит 12 см. Класс бетона монолитных конструкций В30.

Основные физико-механические характеристики грунтов показаны на Рис. 1. Для определения параметров грунтовое основание под фундаментной плитой моделировалось в системе «ГРУНТ». На основании заданных данных формировалась пространственная модель грунта в соответствии с моделями Винклера и Пастернака [4]. В расчетной модели элементы несущих конструкций задавались телами стандартного типа: фундаментная плита и плиты перекрытий – пластинами, колонны и балки – брусьями. Расчетная объемная и конечно-элементная модель здания приведена на рис. 2.

Номер ИГЭ	Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации, кН/м**2	Коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта, кН/м**3	Коэффициент перехода ко 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель текучести	Вода	Коэффициент пористости	Удельное сцепление кН/м**2	Угол внутреннего трения, °	Предельное напряжение растяжения, кН/м**2
1	Суглинок полутвердый		6400	0.35	18.9	5	0.05	0.15		0.54	26.2	15	3.92
2	Суглинок твердый		6400	0.35	19.2	5	0.07	-0.2		0.51	23.1	31	4.01
3	Суглинок тугопластичный		5200	0.35	18.8	5	0.09	0.28		0.59	31.6	22	3.85
4	Песок средней крупности		30000	0.3	20.2	5	0.4			0.619	1	32	4.08

Рис. 1. Основные физико-механические характеристики грунтов.

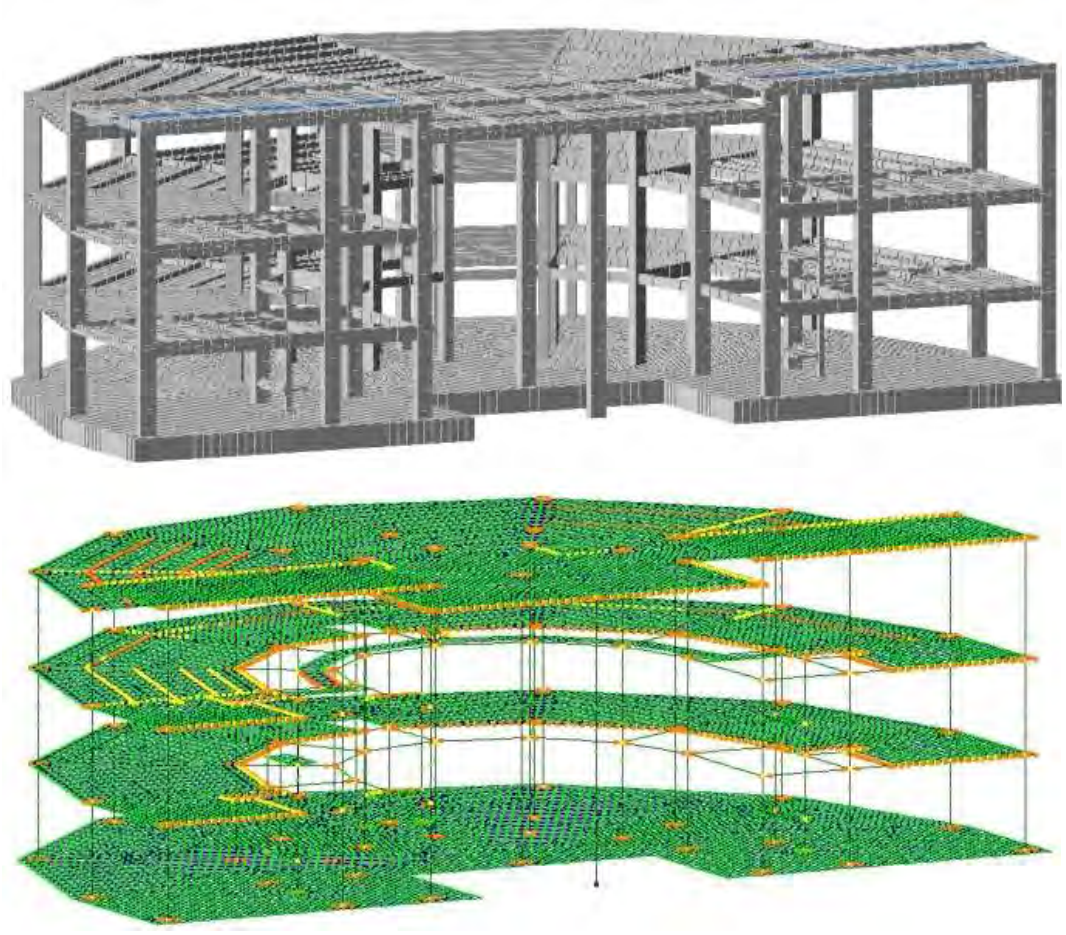


Рис. 2. Расчетная объемная и конечно-элементная модель здания.

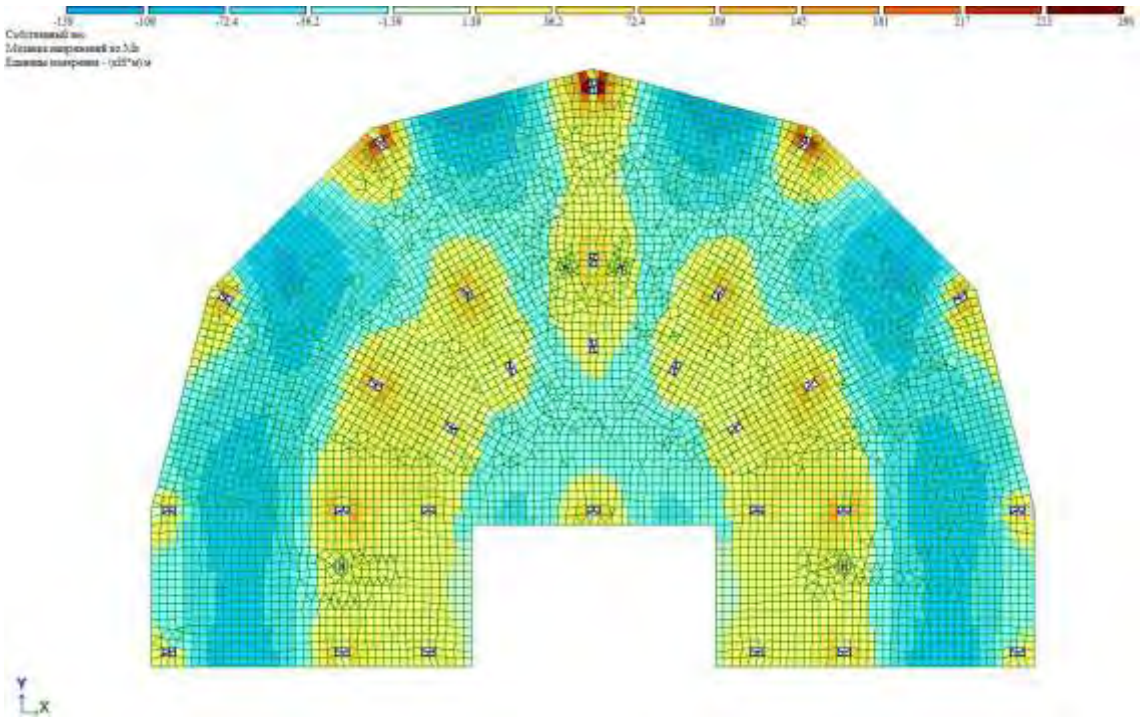


Рис. 3. Мозаика напряжений M_x в фундаментной плите.

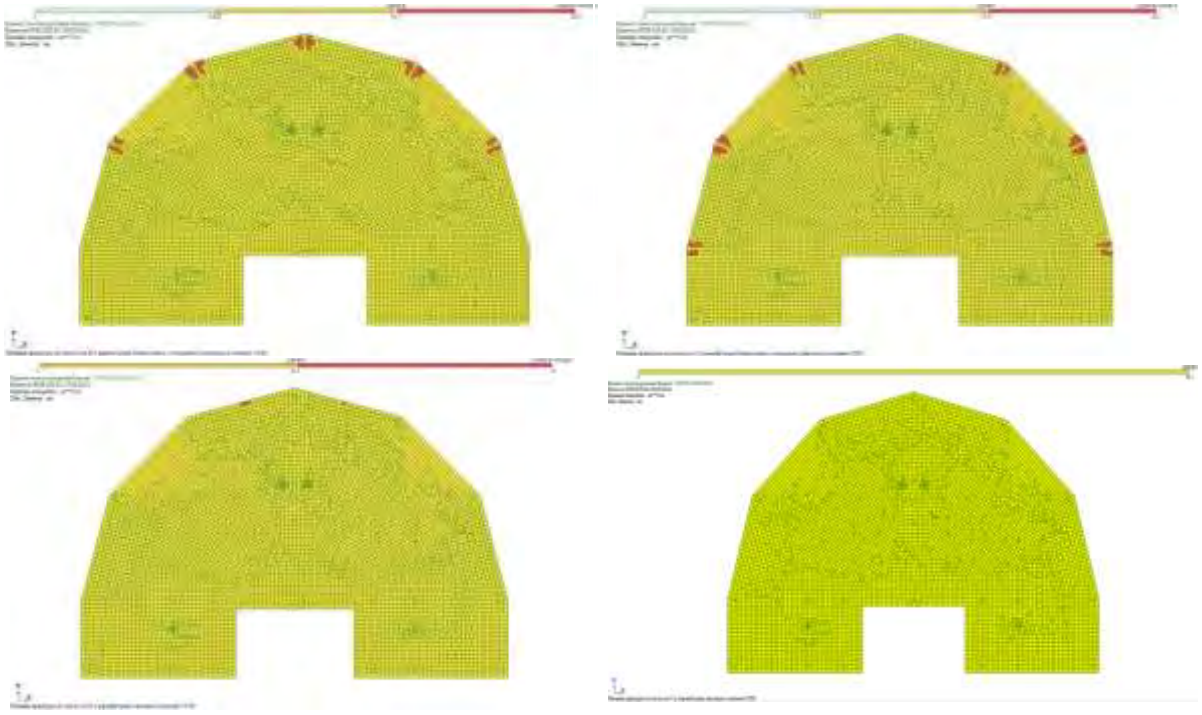


Рис. 4. Зоны требуемого дополнительного верхнего и нижнего армирования фундаментной плиты в направлениях осей OX и OY.

На Рис. 3, для примера, показана мозаика напряжений в фундаментной плите M_x. Максимальные значения до оптимизации составляют $M_x = 290$ кН $*$ м, $M_y = 244$ кН $*$ м. По результатам расчета фундаментной плиты, толщина которой была подобрана из условия обеспечения несущей способности на продавливание по бетону и составляла 100 см, на Рис. 4 показано, что при такой толщине практически во всех зонах изгибающий

момент воспринимается фоновым армированием, а поперечное армирование не требуется. В зонах с наибольшими значениями напряжений, под колоннами, помимо фонового армирования также требуется устройство дополнительного армирования. Диаметр основного армирования был назначен из условия минимально допустимого по конструктивным требованиям коэффициента армирования изгибаемых элементов и составил 5 стержней диаметром 16 мм на 1 погонный метр ширины фундаментной плиты [5]. При этом все необходимые нормы были соблюдены, условие прочности выполнялось, а несущая способность была обеспечена.

После моделирования, расчетов и фиксации результатов, ради снижения затрат на возведение здания была проведена оптимизация фундаментной плиты, при которой толщина и, следовательно, объем бетона уменьшился на 30%. Таким образом, после оптимизации толщина фундаментной плиты составляла 70 см. Исходные данные, такие как инженерно-геологические условия, надземная часть здания, заданные нагрузки, характеристики материалов и фоновое армирование в фундаментной плите остались неизменными. Проведенный расчет на продавливание показал, что с учетом усилий, возникающих в расчетной схеме в наиболее нагруженной колонне первого этажа, условие прочности не выполняется. Следовательно, после оптимизации, при всех заданных параметрах необходима установка поперечного армирования.

По конструктивным требованиям в монолитной фундаментной плите на расстоянии от 300 до 1000 мм от колонн был принят шаг поперечных стержней 100 мм, а их диаметр составил 8 мм (Рис. 5). После произведенного расчета были получены результаты, при которых, благодаря принятому поперечному армированию, условие прочности выполнялось, а необходимая несущая способность была обеспечена. Также следует отметить, что после оптимизации был незначительно увеличен диаметр дополнительной арматуры в зонах наибольшими напряжениями, а основное армирование осталось неизменным.

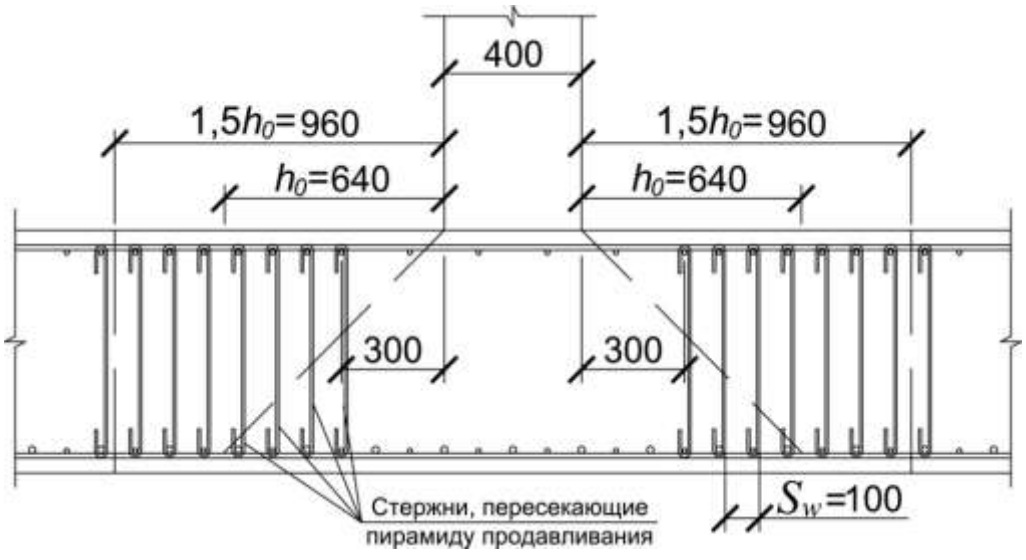


Рис. 5. Схема расстановки поперечного армирования фундаментной плиты.

Таким образом, использование расчетной модели в программно-вычислительном комплексе «ЛИРА-САПР» позволяет достаточно адекватно и точно отобразить конструктивную схему промышленного здания с монолитным железобетонным каркасом в реальных инженерно-геологических условиях, а также позволяет совершить требуемый расчет и подбор армирования.

Уменьшение толщины монолитной фундаментной плиты на 30% с добавлением поперечной арматуры в зонах с наибольшими напряжениями позволило существенно сократить расход бетона, при незначительном увеличении расхода арматуры и сохранении необходимой несущей способности.

Литература

1. Шашкин, А.Г. Взаимодействие здания и основания: методика расчета и практическое применение при проектировании / А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин (под редакцией проф. В.М. Улицкого). – СПб.: Стройиздат СПб. 2002. – 48 с.

2. Водопьянов, Р.Ю. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015. Руководство пользователя. Обучающие примеры / Р.Ю. Водопьянов, В.П. Титок, А.Е. Артамонова. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. – М.: Электронное издание, 2015. – 460 с.

3. Букша, В.В. Расчет и проектирование оснований и фундаментов промышленных зданий: учеб. пособие / В.В. Букша, Л.Н. Аверьянова, Н.Ф. Пыхтеева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. федер. ун-та, 2014. – 110 с.

4. СП 20.13330.2016. Свод правил. «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 2012.

5. Байков, В.Н., Сигалов, Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебн. для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.

Особенности автоматизации учета производства предприятия пищевой промышленности

И.О. Браткова,
магистрант 1 курса,
П.С. Кабалянц,
к.т.н., доцент;
кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
e-mail: bratckova.i@yandex.ru, kabalyants@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматривается подход к проектированию приложения для учета производства на предприятии пищевой промышленности. Описаны проблемы использования на предприятии уже существующих приложений. Проведен анализ этапа производства. Разработаны структуры баз данных, удовлетворяющие требованиям. Предложены возможные подходы и средства реализации приложения.*
Ключевые слова: *пищевая промышленность, базы данных, проектирование, клиент-серверная архитектура, микросервисы.*

Special aspects of a food industry company's production records automation

I.O. Bratkova
1'st year master's student,
P.S. Kabalyants,
Ph.D., Associate professor;
Department of computer engineering and automation systems software,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract. *The article presents the approach to the app project design for a food industry company's production records. The issues of the current company's apps are described. The company's production line has been analyzed. The satisfactory data bases' structures have been developed. The possible approaches and ways of application realization have been suggested.*
Keywords: *food industry, automation, data bases, project design, client-server architecture, microservices.*

Сейчас осталось довольно мало мест, нетронутых технологиями. Процесс компьютеризации и информатизации общества начался довольно давно и сейчас все сильнее набирает обороты.

Сложно найти крупное предприятие, не оснащенное современными ЭВМ. Компьютеры помогают решать множество задач: упрощают учет персонала и сотрудников, облегчают процессы по обработке заявок от клиентов, помогают общаться сотрудникам разных отделов по электронной почте или другому удобному мессенджеру.

И это лишь обобщенные процессы. Существует огромное множество предприятий: одни занимаются машиностроением, другие связаны с химией, третьи заняты производством продуктов питания. В общем смысле, пищевая промышленность представляет собой группу промышленных отраслей, производящих пищевые продукты в готовом виде или в виде полуфабрикатов, а также напитки, табачные изделия, в некоторых классификациях – также мыло и моющие средства [1].

Каждая отрасль пищевой промышленности имеет свою определенную специфику, различные стандарты, ГОСТы, технические требования, указания и т.д. Например, продукция, производством которой занимаются в кондитерской отрасли, может быть документирована такими ГОСТами, как ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия», ГОСТ 14033-2015 «Крекер. Общие технические условия» или ГОСТ 14031-2014 «Вафли. Общие технические условия» и т.д.

Поскольку существует такое количество различных требований к производству печенья, нетрудно сделать вывод, что и процесс учета производства на предприятии будет сильно отличаться от учета основной деятельности других предприятий.

Из этого становится ясно – переиспользовать программные продукты из «соседней» отрасли довольно сложно. Существует большое количество программных решений, которые могли бы подойти для предприятия кондитерской промышленности, однако, во многих из них есть некоторые недостатки, что мешает использовать программное обеспечение (ПО) на полную мощность.

Например, для многих предприятий пищевой промышленности важно иметь возможность для внесения информации об анализах сырья, и хотя данная возможность реализована в «1С: Оперативное управление производством», его настройка достаточно затруднительна для людей, не имеющих хороших навыков владения системой 1С. «Clobbi» хоть и имеет большой потенциал, но модуль по управлению пищевыми предприятиями только разрабатывается, отчего функционал мал и плохо адаптирован для предприятий кондитерской отрасли.

Существуют разные подходы к улучшению функционирования процессов предприятия.

Далее будет рассмотрен случай, при котором программное обеспечение разрабатывается специально для предприятия. Примером такого предприятия будет АО «Кондитерская фабрика «Белогорье».

Процессы, организованные на этой фабрике, функционируют относительно исправно, но их можно усовершенствовать.

Например, учет сотрудников, поступающего сырья и реализованных товаров здесь ведется средствами системы «1С», но в этой же системе нет возможности ведения производственного процесса. Отсутствие удобной обработки информации на этапе производства в данном случае влечет за собой колоссальное дублирование информации.

Такой подход неудобен, однако, но к нему привыкли и его используют, зная, что может быть и лучше. Для разработки ПО необходимо детально изучить процесс производства на рассматриваемом предприятии.

Для наглядности данный процесс изображен на Рис. 1 - 3 в нотациях IDEF0/IDEF3.

IDEF0 – это методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов [2].

Рис. 1. Производство кондитерских изделий.

На Рис. 2 приведена детализация процесса А-0.

Как видно из этого рисунка, на данном этапе происходит «деление» на производственные единицы. За прием сырья отвечает лаборатория, а за производство продукта – цех.

Входами функции производства являются сырье и заявка на производство, управляют процессом различные документы.

Механизмами воздействия (стрелки снизу) являются сотрудники и оборудование, а на выходе получается готовый продукт, сопровождаемый паспортом и некоторыми отчетами.

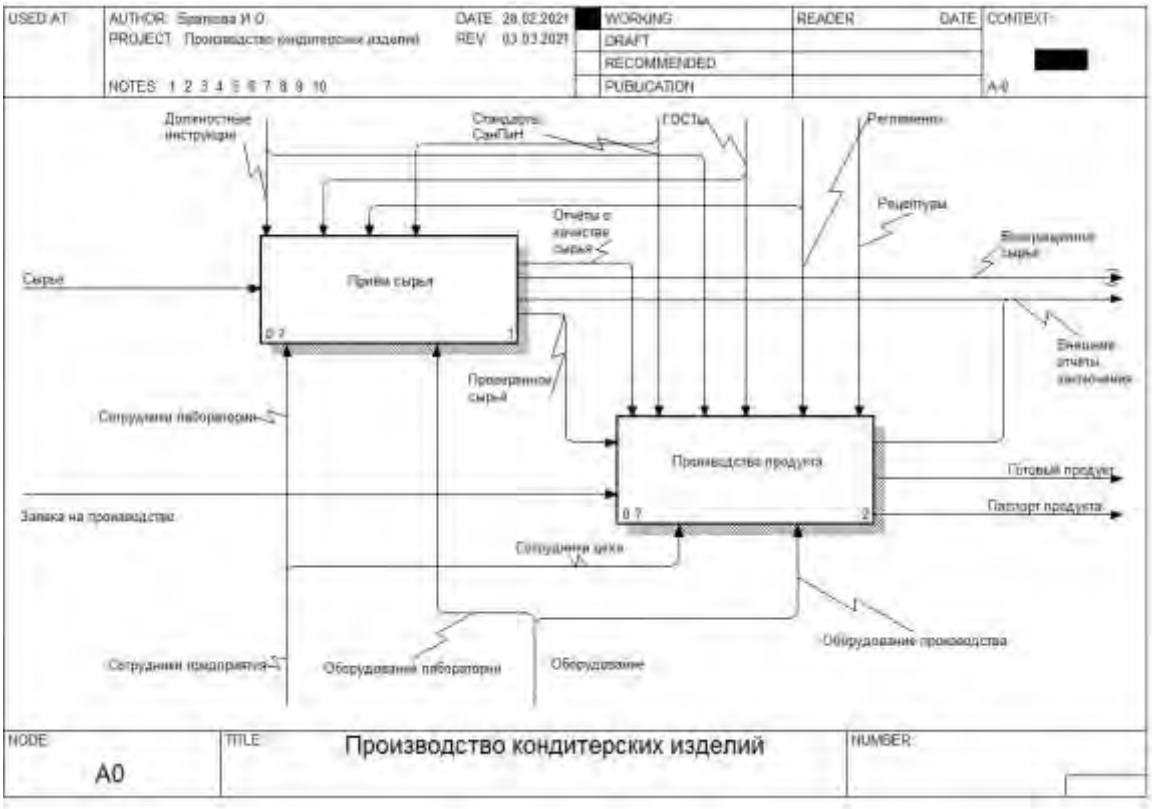


Рис. 2. Производство кондитерских изделий.

Процесс приема сырья состоит из отбора проб и проведения анализов, поэтому не вынесен в отдельную схему. Все входы и выходы можно увидеть на Рис. 2. В свою очередь на Рис. 3 показан процесс производства продукта.

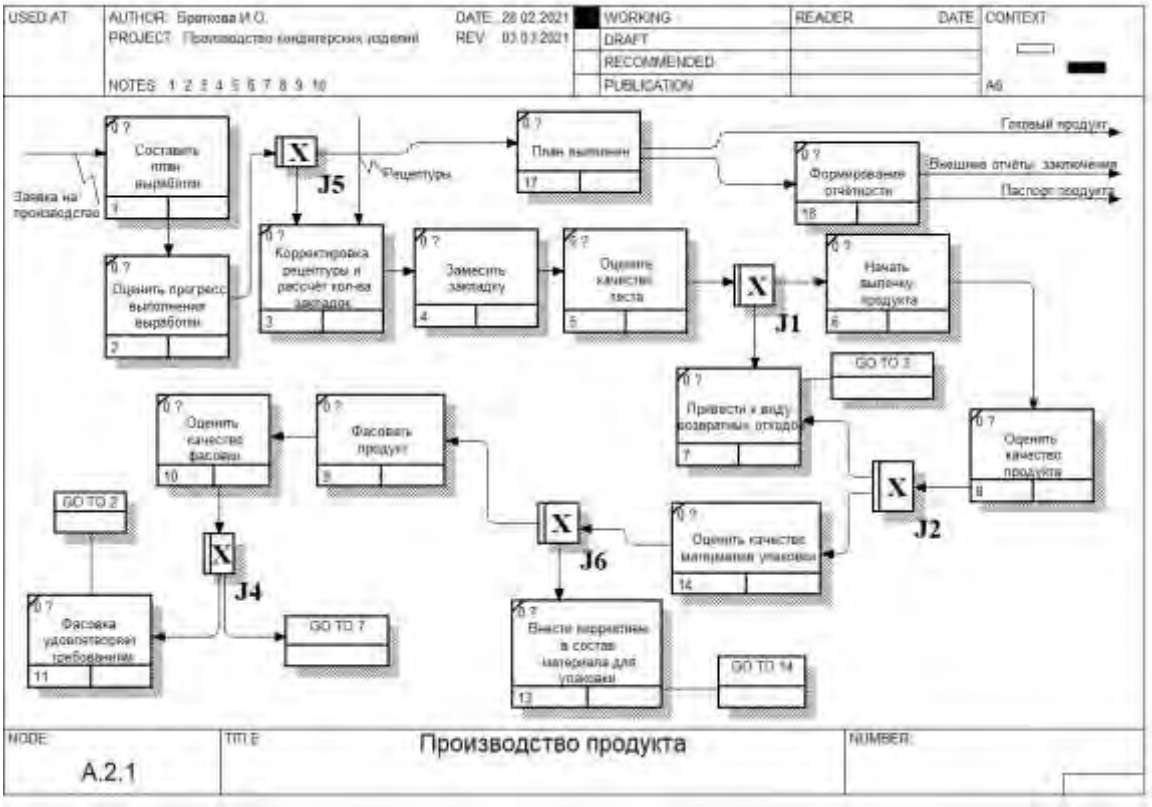


Рис. 3. Производство продукта.

На основе приведенного описания, становится ясно, что важными структурными подразделениями производственного этапа являются – лаборатория и кондитерский цех, а каждый этап документируется. Документирование подразумевает хранение информации, а для хранения информации полагается использовать базы данных (БД).

Поскольку мы рассматриваем вариант, в котором программный продукт создается специально под нужды предприятия, закономерно то, что и БД должна быть создана в соответствии с этими нуждами.

База данных – совместно используемый набор логически связанных данных и описание этих данных, предназначенные для удовлетворения информационных потребностей организации [3].

Стоит понимать, что одной БД можно не обойтись – в случаях, когда предприятие достаточно большое, разными частями производственного процесса могут быть заняты абсолютно разные подразделения.

Стоит понимать, что одной БД можно не обойтись – в случаях, когда предприятие достаточно большое, разными частями производственного процесса могут быть заняты абсолютно разные подразделения.

Хотя работа подразделений направлена на достижение общего результата, они выполняют свои функции и задачи: работники каждого из подразделений работают с определенными данными, по-своему их обрабатывают. Это выглядит, как работа с различными модулями – в одном месте программист использует одну библиотеку, в другом – другую. Подразделения представляют собой различные программные модули или микросервисы.

Микросервис – это мини-приложение, реализующее узкоспециализированные функции, такие как управление заказами, управление клиентами и т.д. Микросервисная архитектура – распространенный подход к разработке программного обеспечения, когда приложение разбивается на небольшие автономные компоненты (микросервисы) с четко определенными интерфейсами [3].

Преимуществом микросервисной архитектуры является возможность изменять, добавлять, убирать сервисы, не затрагивая при этом корректно работающие структурные компоненты системы [4].

Таким образом, на основе всего сказанного выше, можно выделить два основных сервиса – сервис лаборатории и сервис цеха, однако, и в этом случае можно поступить по-разному.

Далее будет рассмотрен случай, в котором для каждого подразделения выделяются две базы данных – справочная база и база, хранящая в себе записи о реальных вещах. В случае с лабораторией, справочной базой выступает та, в которой хранятся записи о том, какое сырье может поступить на предприятие. А в «реальной» будет храниться информация о том, что конкретно поступило на фабрику. С цехом ситуация схожая: в одной базе предполагается хранить данные о том, какие виды продукта можно изготовить, во что эти продукты можно упаковать, а в другой – какие продукты были по факту изготовлены. Такой подход не только разделяет, группирует информацию и упрощает структуру баз данных, он также может помочь с реализацией ролевой модели системы.

Структура БД «Справочник лаборатории» приведена на Рис. 4.

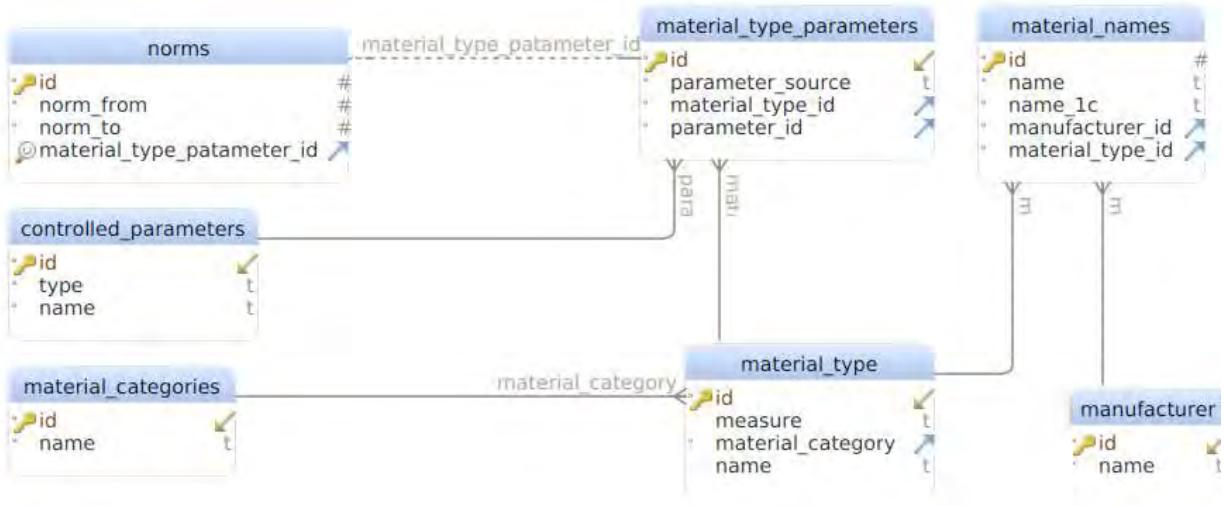


Рис. 4. «Справочник лаборатории».

За тип сырья отвечает таблица material_type, состоящая из уникального идентификатора, меры измерения, а также наименования типа сырья.

Таблицы material_type и controlled_parameters связаны отношением «многие-ко-многим». Для реализации этого отношения создана таблица material_type_parameters. Кроме того, количественные параметры (влажность, процент содержания жира и т.д.) имеют диапазоны норм, различные для каждого типа сырья (таблица norms). Также, на предприятии принято оперировать конкретными наименованиями товаров – material_names, которые поставляют поставщики (manufacturers). Стоит отметить, что на предприятии поставщики и производители фактически одно и то же.

Для сырья, производимого на территории РФ, производитель является поставщиком. Для импортных ингредиентов существует только поставщик. Один производитель может поставлять на предприятие несколько наименований продукта – связь «один-ко-многим» позволяет установить такое соответствие. Наименования сырья включают в себя уникальный идентификатор, конкретное название, название в системе «1С».

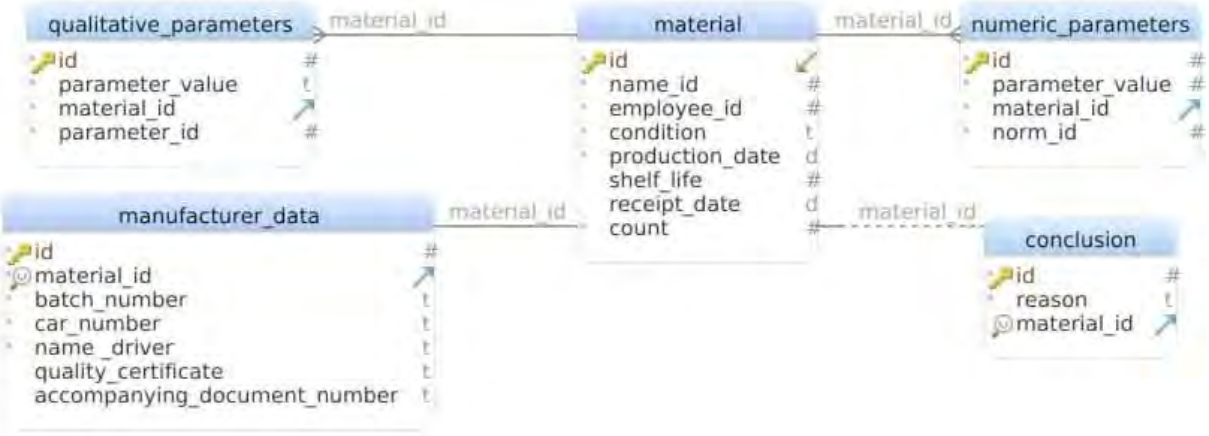


Рис. 5. БД «Лаборатория».

Рис. 5 демонстрирует базу данных лаборатории. Центральной сущностью здесь является сущность material, содержащая информацию о конкретном сырье (name_id берется из предыдущей БД), employee_id – сотрудник, принявший сырье, condition – запись о состоянии сырья. Последующие поля содержат информацию о дате производства, сроке годности, дате приема и количестве поставленного сырья. Данная таблица связана с manufacturer_data отношением «один-к-одному».

Информация от поставщика содержится в таблице manufacturer_data – номер партии, номер машины поставщика и водителя, управляющего транспортным средством в день поставки, кроме того, поставщик предоставляет качественное удостоверение и сопроводительный документ.

Качественные и количественные характеристики конкретного сырья содержатся в таблицах qualitative_parameters и numeric_parameters соответственно.

Таблица conclusion связана с material связью «один-к-одному», однако записи о каком-то сырье в данной таблице может не быть. Таблица conclusion отвечает за заключение о сырье при отказе от него для возврата поставщику.

Производственный процесс также состоит из двух частей – справочной информации и данных о готовом продукте. Справочной информацией здесь выступает «рецепт», а готовым продуктом – «то, что сделали по рецепту». Рис. 6 и 7 демонстрируют соответствующие базы данных.

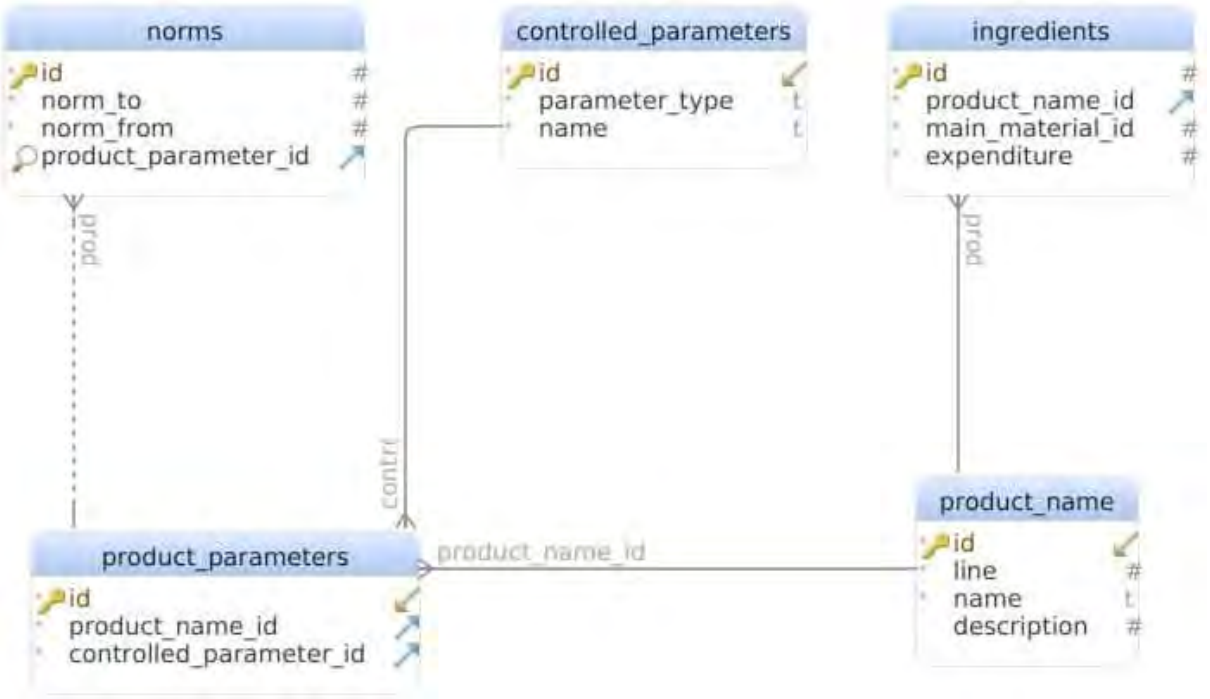


Рис. 6. БД «Справочник цеха».

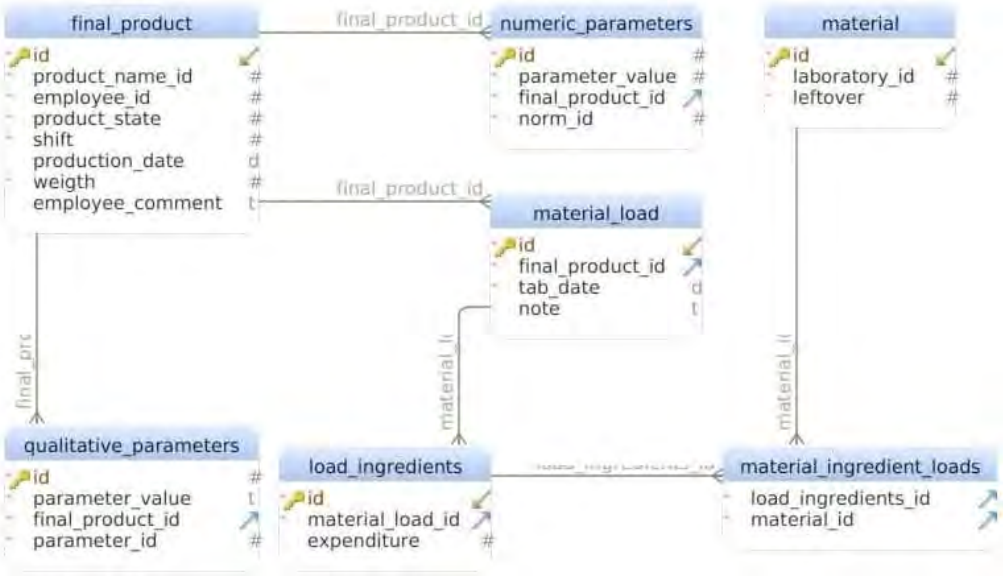


Рис. 7. БД «Цех».

В таблице product_name указана основная информация о продукте – наименование, линия, на которой его будут производить и его описание. Продукт связан с таблицей ingredients отношением «один-ко-многим». Это, как раз, тот самый рецепт – здесь указано наименование сырья и количество, которое нужно взять. Информация о наименовании сырья берется из БД «Справочник лаборатории».

Продукт, как и сырье, имеет перечень контролируемых параметров. Эти три таблицы реализованы схожим с сырьем образом – задается список возможных параметров с их типом (качественный или количественный). Таблица product_parameters реализует связь «многие-ко-многим». Записи в таблице norms хранятся только для количественных параметров.

А на Рис. 7 уже демонстрируется «использование» этой справочной БД.

База данных «Цех» является самой сложной по структуре, что связано с организацией производственного процесса на фабрике. Центральной сущностью является таблица final_product, содержащая в себе информацию о наименовании изготавливаемого продукта, сотруднике, ответственном за производство в данный день, смене, в которую готовился продукт. Здесь хранится информация о состоянии продукта (в процессе или готов), дате производства, весе партии. Кроме того, учитывается и мнение сотрудника о данной партии. Продукт имеет количественные и качественные параметры – принцип реализации такой же, как и в случае с сырьем.

Сложным для понимания моментом является конкретно процесс производства. Продукт состоит из закладок сырья (material_load). Это связанно с тем, что невозможно загрузить к производству абсолютно все материалы для изготовления партии печенья – их следует разделить на несколько частей. Одну закладку сырья составляет перечень ингредиентов – load_ingredients – ингредиенты одной закладки.

В таблице material содержится информация из базы данных лаборатории. Сопоставление конкретного ингредиента с сырьем происходит в таблице

material_ingredient_loads. Т.е. продукт состоит из закладок, каждая закладка содержит в себе различные ингредиенты, ингредиенты состоят из сырья.

Такой структуры баз данных вполне достаточно для описания производственного процесса на рассматриваемом предприятии. Следует помнить, что проектирование осуществлялось исключительно под АО «Кондитерскую фабрику «Белогорье» и может не подойти для другого предприятия, занимающегося кондитерским производством. Однако такие части, как учет контролируемых параметров сырья с легкостью можно применить и в других БД.

На рисунках, посвященных структурам БД, можно было увидеть такие поля, как «employee_id». Данные поля подразумевают ссылку на какого-либо сотрудника. В данном проекте подразумевается, что существует дополнительный сервис, на который возложена обязанность учета сотрудников предприятия.

Сервис должен быть интегрирован с системой «1С». Подразумевается то, что он работает с информацией о сотрудниках и позволяет организовать ролевой доступ к сервисам: обычный лаборант не может отредактировать справочную информацию лаборатории, это – возможность начальника лаборатории или заведующего отделом контроля качества. Аналогичная ситуация и с информацией о продукции – технолог не может редактировать рецептуры, а начальник цеха – может.

Из всего сказанного выше можно сделать вывод, что для разработки структуры баз данных и создания программного продукта для производственного предприятия необходимо провести тщательный анализ предметной области, ответственно подойти к проектированию ПО.

Реализовать такое приложение можно как для десктопной версии, так и в формате веб-приложения. Последние, в свою очередь, сейчас пользуются большой популярностью. Обычно веб-приложения реализованы посредством клиент-серверной архитектуры, например, трехуровневой (Рис. 8).

Клиент-серверная архитектура – вычислительная или сетевая архитектура, в которой задания или сетевая нагрузка распределены между поставщиками услуг, называемыми серверами, и заказчиками услуг, называемыми клиентами. Например, клиент несет ответственность за отображение пользовательского интерфейса, а сервер управляет бизнес-логикой и общается с базой данных.

Приложения, спроектированные с учетом трехслойной архитектуры, имеют ряд преимуществ. Их легко масштабировать – увеличивать возможности и производительность путем наращивания функциональных блоков. Наличие изолированных друг от друга слоев позволяет быстро обнаруживать ошибки при их возникновении. Благодаря такому «расслоению» увеличиваются безопасность и надежность приложения [6].

Для реализации такой архитектуры в виде приложения может быть использован следующий стек технологий: PostgreSQL, как система управления базами данных, серверная часть может быть разработана на языке Java в сочетании с фреймворком Spring Boot [5].

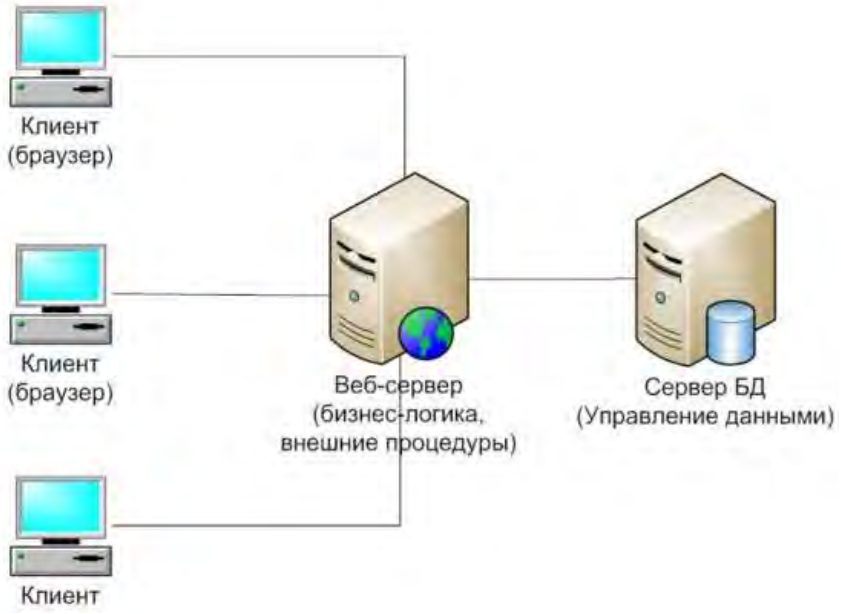


Рис. 8. Трехуровневая архитектура «клиент-сервер».

Организовать микросервисную архитектуру можно с помощью средств Spring Cloud. На клиентской же стороне можно использовать языки JavaScript, TypeScript, а также библиотеку React.

Конечно, стоит понимать, что этот стек технологий представляет собой один из возможных наборов сочетаний: существуют различные языки программирования, фреймворки, а также СУБД, которые могли бы помочь достичь поставленной цели.

Средства реализации следует выбирать, основываясь на функциональных требованиях к приложению, а также исходя из возможностей разработчиков.

Литература

1. Бурмистров, А.Н. Формирование модернизационной стратегии развития предприятий пищевой промышленности / авт. Бурмистров А.Н. – Саратов, 2011. – 162 с.

2. Цуканова, О.А. Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов. – СПб: ИТМО, 2015. – 15 с.

3. Коннолли, Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Под ред. Н.С. Тригуб – 3-е изд., – М.: Вильямс, 2017. – 55 с.

4. Ричардсон, К. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга. – СПб: Питер, 2019. – 37 с.

5. Consul.io. [Электронный ресурс]. Habr: Consul.io, часть 1. – Электрон, дан., 2016. – Режим доступа: https://habr.com/en/post/278085.

6. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных систем. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2018. – 540с.

7. Уоллс, К. Spring в действии / Под ред. Д.А. Мовчан. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 752 с.

Инновационные аспекты технологии обогащения кондитерской продукции специализированного назначения на основе какао в Российской Федерации

А.А. Полякова,
магистрант 2 курса кафедры конструирования и технологии оздоровительного, профилактического и персонифицированного питания и нутрициологии Института прикладной биотехнологии имени академика РАН И.А. Рогова Московского государственного университета пищевых производств
e-mail: poliakovanastasi@gmail.com

Аннотация. *Статья посвящена теоретическому обоснованию разработки новых вариантов изготовления кондитерских изделий на основе какао-бобов. Показаны варианты добавления функциональных ингредиентов, а также изменения в технологической цепочке изготовления шоколадной продукции специализированного и лечебно-профилактического назначения. Приведены и проанализированы современные исследования какао-продукции и ее влияние на оздоровление всех категорий населения, а также возможность употребления для лиц, страдающих диабетом и лишним весом.*
Ключевые слова: *какао-продукты, функциональный ингредиент, специализированные продукты питания, диабетическая продукция, окислительный стресс.*

Innovative aspects of the enrichment technologies specialized confectionery products based on cocoa in the Russian Federation

A.A. Poliakova,
2nd year Master's student, Department of Design and Technology of Health, Preventive and Personalized Nutrition and Nutritionology, Institute of Applied Biotechnology named after Academician I.A. Rogov, Moscow State University of Food Production

Abstract. *The article is devoted to the theoretical justification of the development of new options for the manufacture of confectionery products based on cocoa beans. Options for adding functional ingredients, as well as changes in the technological chain of manufacturing chocolate products for specialized and therapeutic and preventive purposes are shown. The article presents and analyzes modern studies of cocoa products and its impact on the health of all categories of the population, also the possibility of consumption for people suffering from diabetes and overweight.*
Keywords: *cocoa products, functional ingredient, specialty foods, diabetic products, oxidative stress.*

Неблагополучная экологическая обстановка, несбалансированное питание и образ жизни провоцируют нарушения в работе организма и развитие хронических неинфекционных заболеваний. В результате неблагоприятных воздействий нарушается окислительно-восстановительное равновесие организма, развиваются окислительные процессы, возникают нарушения в функционировании клеток, тканей и органов. Данная проблема касается, к сожалению, всех без исключения людей и сказывается по мере взросления организма. Потому, для поддержания здоровья населения необходимо производить продукцию, в состав которой включены натуральные ингредиенты с оздоравливающими антиоксидантными свойствами.

Доказано, что не менее 60 заболеваний, в том числе нейродегенеративных, могут быть спровоцированы или усугублены оксидативным стрессом. Среди наиболее распространенных выделяют болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, онкологические заболевания, бесплодие и т.д. Сопротивляемость организма к окислительному стрессу можно повысить за счет постоянного поступления с питанием веществ, обладающих антиоксидантным действием. Поиск пищевых продуктов с высоким антиоксидантным потенциалом ведут как отечественные, так и зарубежные ученые. Среди них большой интерес представляют работы по анализу шоколада и продуктов переработки какао-бобов [2].

Согласно «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности на период до 2020 года», разработанной Правительством Российской Федерации, была выделена значимость увеличения числа разработок лечебно-профилактической, геронтологической, детской и других видов специализированной продукции для всех категорий населения. На сегодняшний день шоколад остается по-прежнему одним из самых популярных пищевых продуктов, как среди детей, так и среди взрослых, но данный сегмент представлен на рынке специализированной продукции крайне узким ассортиментом [6, 7].

Самые большие опасения вызывает большое содержание в кондитерских изделиях рафинированного сахара, молока и искусственных вкусоароматических добавок, которые пагубно влияют на здоровье, становятся предвестниками сахарного диабета, ожирения, проблем сердечно-сосудистой системы, эндокринной системы и расстройств пищевого поведения [3]. Вместе с тем, целый ряд современных исследований доказывает положительные свойства какао-бобов и создаются первые линейки функционального шоколада для массового потребления.

Сербские ученые исследовали образцы темного, молочного шоколада и какао-порошков на общее содержание фенолов и флавоноидов и на способность улавливать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила при помощи спектрофотометрических методов анализа. Получилось, что образцы темного шоколада являются более эффективными антиоксидантами, чем образцы молочного шоколада. Но результаты в отношении какао-

порошка менее однозначны: некоторые образцы имели показатели на уровне молочного, а некоторые превышают по своим значениям даже темный шоколад [1].

Представлены результаты работы малазийских ученых, направленных на исследование общего содержания фенолов, флавоноидов, антиоксидантной активности (FRAP-метод), антирадикального действия (ABTS-метод), содержания катехина, эпикатехина, теобромина в различных фракциях, полученных методом колоночной хроматографии из какао-порошка. Фракции обладают разным уровнем показателей, а исходный экстракт имеет средние значения [8,10].

В работе индонезийских ученых выявлено, что на уровень показателей общего содержания фенолов и антирадикальной активности по методу DPPH оказывает влияние не только рецептура шоколада, но и технологические условия обработки какао-бобов (концентрация щелочи 1-15 г/кг и температура 40-80^{0}С).

Интерес для ученых представляют не только сами какао-бобы, но и отходы при их переработке. Так, в шелухе, створках какао-бобов было определено общее содержание фенолов, антиоксидантная активность, технологические свойства (массовая доля жиров, белков, углеводов, жиро- и водопоглощение). Наиболее значимые показатели антиоксидантной активности выявлены у шелухи какао-бобов [9].

Потребление шоколада все же пытаются связать с множеством болезней и расстройств систем организма, например, акне, мигрени, аллергия, кариес, диабет, детская гиперактивность и т.д. Однако многие исследования, проведенные на животных и людях, убедительно доказывают положительное влияние в нужной дозировке компонентов шоколада на здоровье человека. Именно флавонолы какао способствуют профилактике заболеваний нервной системы, а флавоноиды обладают противовоспалительным, нейропротекторным, антиканцерогенным действиями. Шоколад предложено применять как противо-атеросклеротический агент [5].

В настоящее время активно увеличивается число наименований шоколада с добавлением различных полифенольных компонентов (например, экстракт розмарина, красный перец и др.), плодово-ягодного сырья и даже линейки функционального шоколада с готовыми премиксами и вносимыми витаминно-минеральными добавками. Так, фирма «Победа» выпустила серию темного и молочного шоколада «Charged», в состав которой входят:

- Шоколад Charged Sport – разработан для спортсменов, физически активных людей. Премикс Winitrox (Франция) в его составе усиливает выносливость и снижает усталость от интенсивных тренировок;

- Charged Slim & Fit – шоколад без сахара со стевией – содержит премикс из экстракта бурых морских водорослей. Он предназначен для поддержания хорошей физической формы, помогает сбросить лишний вес;

- Easy Steps – молочный шоколад, содержит вещества (витамины группы В и др.), которые обладают венотонизирующим эффектом, снимают отечность и усталость ног;

- Charged Energy – молочный шоколад с энергетическим комплексом с L-таурином, улучшающий обмен веществ, дополнен растительными экстрактами элеутерококка и зеленого чая;

- Charged Lifting – имеет в составе немецкую добавку Verisol, способствующую повышению эластичности и плотности кожи, усиливает естественную выработку коллагена и др. [11].

Производство шоколада (темного или молочного) включает ряд основных технологических операций: приготовление ингредиентов, их перемешивание, измельчение смеси, разведение измельченной смеси с введением разжижителей, конширование (или иную технологию), а также дальнейшее регулирование вязкости и вкусо-ароматических свойств. И основной задачей при конструировании рецептуры производства специализированных кондитерских изделий из шоколада, является замена вредных, с позиции здорового питания, компонентов более приемлемыми или обогащение продукта функциональными добавками без нарушения органолептических показателей.

Основной и понятной всем тенденцией является снижение гликемического индекса кондитерских продуктов и пополнение рынка изделиями диабетической и диетической направленности [4]. Гликемический индекс (ГИ) является показателем сравнения реакции организма на продукт с реакцией организма на чистую глюкозу, у которой ГИ равен 100.

Низкий гликемический индекс (ГИ) = 0-55

Средний гликемический индекс (ГИ) = 56-69

Высокий гликемический индекс (ГИ) = 70 и выше.

Гликемический индекс шоколада варьируется в зависимости от состава, качества продукции, наличия дополнительных ингредиентов, ароматизаторов и составляет от 20 до 70 ед. В темных разновидностях шоколадных изделий содержатся следующие компоненты: витамины А, РР, группы В, Е, D; антиоксиданты; пищевые волокна; белковые соединения; флавоноиды; аминокислоты; жирные кислоты и т.д. В плитке есть макро- и микроэлементы (фосфор, магний, кальций, фтор, медь и т.д.).

Как видно из Таблицы 1, чистый темный шоколад без сахаристых добавок и избытка жиров имеет низкий гликемический индекс, как и изделия из кэроба. Порошок кэроба – это измельченные плоды рожкового дерева, внешне напоминает какао-порошок, но с более светлым оттенком и естественным сладковатым вкусом. Также порошок кэроба не содержит кофеин, теобромин, фенилэтиламин и фромамин (которые способны вызывать зависимость, стать причиной аллергий и головных болей), но содержит дубильные вещества, способные помочь при расстройствах ЖКТ. Антидиабетический эффект обеспечивается содержанием D-пинитола, регу-

лирующего концентрацию сахара в крови у диабетиков II типа в результате увеличения чувствительности к инсулину [6].

Следует вывод, что для создания линеек диабетической и диетической продукции из шоколада следует использовать какао бобы в чистом виде (шоколад 70-99% какао), заменять часть какао порошка на кэроб, или подслащивать изделие натуральными сахарозаменителями (стевиозид, эритрит, ксилит, сорбит), обладающими устойчивостью к высоким температурам, которые неизбежны в технологическом процессе производства шоколада.

Таблица 1. Таблица значений гликемического индекса для шоколада

Продукт питания	**Показатель ГИ**	**Примечания**
Шоколад на фруктозе	20-36	Фруктоза допускает термообработку, слаще сахара вдвое
Шоколад на стевии	20-25	Стевиозид имеет растительный привкус, многократно слаще сахара, обладает ГИ=0, ккал=0
Шоколад на эритроле	20-25	Эритрит (эритрол) имеет ГИ=0, допускает термообработку, низкокалориен
Шоколад молочный	43-70	Содержит от 12% молока, от 25% общего жира, большое кол-во сахара
Шоколад 56% какао	43-49	Относятся к категории «горький шоколад» по ГОСТ 31721-2012, не содержит дополнительных примесей
Шоколад 70-85% какао	22-25	
Шоколад 99% какао	20-22	
Шоколадная плитка кондитерская	70	Имеет содержание какао не менее 9%, содержит превалирующее количество вкусовых и структурообразующих добавок
Шоколадный батончик	65-70	Содержит, как правило, лишь шоколадную глазурь, большое количество жира, чистого сахара и вкусо-ароматических добавок
Шоколад на основе кэроба	35-40	Уже содержит сладость кэроба, обладает дополнительными положительными свойствами

После всего вышесказанного хотелось бы отметить, что на рынке кондитерских функциональных изделий еще не было представлено шоколада с пробиотиками или метабиотиками, которые бы помимо улучшения работы нижних отделов ЖКТ еще бы помогали организму восстанавливаться и защищаться от последствий окислительного стресса. И потому разработка такого продукта будет носить инновационный характер и будет производиться с не предложенными ранее компонентами для изделий из какао-продуктов [1].

Литература

1. ГОСТ 31721-2012 Шоколад. Общие технические условия.

2. Басов, А.А., Быков, И.М. Сравнительная характеристика антиоксидантного потенциала и энергетической ценности некоторых пищевых продуктов // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82. – № 3. – С. 77-80.

3. Мясникова, И.В., Древаль, А.В., Барсуков, И.А. Основные факторы риска нарушения углеводного обмена // Вопросы питания. – 2011. –Т. 80. – № 4. – С. 68-72.

4. Производство функциональных кондитерских изделий для различных возрастных групп / В. Кочетков, Н. Агеева, А. Аминева // Хдебопродукты. – 2007. – № 8 – С. 40-41.

5. Тутельян, В.А., Лашнева, Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82. – № 1. – С.4-22.

6. Функциональные ингредиенты в производстве кондитерских изделий / А.Н. Куракина, И.Б. Красина, Н.А. Тарасенко [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6 - 3. – С. 468-472.

7. Шоколад и шоколадные изделия. Сырье, свойства, оборудование, технологии / ред.-сост. С.Т. Беккет. СПБ.: Профессия, 2013. – 703 с.

8. Emelda, A. Polyphenol total content and antioxidant activities of ethanol extract from some cocoa beans in South Sulawesi Indonesia//Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. − 2015. − V.7 Iss.4. − P. 1211.

9. Martinez, R.,Torres, P. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa co-products//Food Research Internetional. − 2012. − V. 49. Iss. 1. − P. 39-45.

10. Hajimahmoodi, M., Moghaddam, G. Total phenolic, flavonoids, tannin content and antioxidant power of some Iranian pomegranate flower cultivars//American Journal of Plant Sciences. − 2013. − № 4. − P. 1815-1820.

11. Шоколад серии Charged. – [Электронный ресурс]:URL: https://www.pobedavkusa.ru/brands/chocolate-with-functional-additives/

Возможности использования белково-жировой эмульсии на основе биомодифицированных молок лососевых для производства функциональных продуктов

С.В. Ерёмина,
магистрант 2 курса кафедры конструирования и технологии оздоровительного, профилактического и персонифицированного питания и нутрициологии Института прикладной биотехнологии имени академика РАН И.А. Рогова Московского государственного университета пищевых производств
e-mail: svetik-0508@yandex.ru

Аннотация. *В статье рассматривается белково-жировая эмульсия на основе молок. Исследуются ее технологические и органолептические свойства, а также приводится метод их улучшения за счет биомодификации сырья молок лососевых. Производится оценка биологической ценности эмульсии по жирнокислотному и аминокислотному составу сырья, а также показаны технологические возможности использования эмульсии как эмульгирующего компонента.*
Ключевые слова: *белково-жировая эмульсия, биомодификация, молоки лососевых рыб, органолептическая оценка, эмульгирующие свойства.*

Possibilities of using protein-fat emulsion based on biomodified salmon milk for the production of functional products

S.V. Eremina,
2nd year Master's student, Department of Design and Technology of Health, Preventive and Personalized Nutrition and Nutritionology, Institute of Applied Biotechnology named after Academician I.A. Rogov, Moscow State University of Food Production

Abstract. *The article considers a protein-fat emulsion based on milk. Its technological and organoleptic properties are investigated, as well as a method for improving them through the biomodification of raw salmon milk. The biological value of the emulsion is estimated by the fatty acid and amino acid composition of the raw material, and the technological possibilities of using the emulsion as an emulsifying component are shown.*
Keywords: *protein-fat emulsion, biomodification, salmon milk, organoleptic evaluation, emulsifying properties.*

С ускорением ритма жизни, все большую долю в рационе человека занимают продукты высокой степени готовности, а зачастую и готовые продукты. Особенно ярко эта тенденция прослеживается в крупных городах. Сегодня мы с уверенностью можем сказать, что наш образ жизни оказывает огромное влияние на наше здоровье, и немалый вклад – это питание.

Новые данные и исследования становятся широкодоступными, и уже сейчас мы можем сказать, что 80% заболеваний являются алиментарно зависимые, то есть питание напрямую связано со здоровьем населения. Корреляция между питанием и профилактикой неинфекционных заболеваний, улучшением качества жизни, является причиной разработки, производства и реализации функциональных, специализированных и обогащенных продуктов, а также поиск нового сырья для производства продуктов питания.

Анализ фактического питания населения России свидетельствует о том, что рационы питания россиян характеризуются избыточным потреблением жиров животного происхождения и легко усваиваемых углеводов, но дефицитны в отношении эссенциальных (жизненно необходимых) веществ: пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов [1]. Основными дефицитными микронутриентами, согласно эпидемиологическим исследованиям, являются группа водорастворимых витаминов и многих минеральных веществ, а также микроэлементов. Так, у 70-90% россиян определяется дефицит в рационе витамина С и Д, у 75-90% – витамина А, Е и бета-каротина – почти у 60%, витаминов В – комплекса и фолиевой кислоты – почти у 50%, полиненасыщенных жирных кислот (омега-3 и омега-6) – у 63 %; пищевых волокон – более чем 44 %; минеральных веществ Ca, Fe – более 50 %; дефицит микроэлементов Se, Zn – более 55 %. Нехватка витаминов и минеральных веществ приводит к нарушению метаболических процессов в организме, мальабсорбции питательных веществ, снижению иммуномодулирующих функций, развитию заболеваний сердечно-сосудис-той системы, нервно-дегеративных заболеваний [2, 3, 4].

Чтобы не допустить высокого риска развития заболеваний, ведется разработка функциональных продуктов, поиск источников питательных веществ и новые способы использования известного биологически-ценного сырья в пищевой промышленности.

Продукты из мясного сырья регулярно включаются в среднестатистический рацион человека в России, причем около трети – это мясопродукты, такие как колбасы, сосиски, паштеты, полуфабрикаты и готовые кулинарные изделия. Такая тенденция объясняется несколькими факторами: относительно невысокая средняя рыночная стоимость, а также «быстрое» питание, сокращение времени на готовку. Разработка нового ассортимента данных продуктов имеет, в том числе, и экономическую актуальность.

Одной из тенденций, в данном сегменте продуктов питания, является поиск альтернативных источников белка, а также переработка нетехнологичного сырья. На сегодня, рациональная переработка вторичного сырья –

одна из первостепенных задач, и здесь можно выделить рыбные промыслы, которые отличаются высоким показателем отходов. Так, например, молоки лососевых – рыбное сырье, относящееся к вторичному. Ежегодный объем молок, полученных после разделки лососевых, составляет 16-17 тыс. т [5]. Основными направлениями использования данного сырья является замораживание, а также изготовление пресервов – маринованных, соленых и т.д. Однако специфичные вкусовые характеристики и товарный вид продукта зачастую отпугивают потребителя, несмотря на то, что данное сырье обладает высокой биологической ценностью.

Молоки лососевых рыб являются источником полноценного белка, с высоким содержанием аминокислот. Только в молоках лососей и сельдей обнаружены белки специфического состава – протамины, которые образуют более сильный биологически активный комплекс с ДНК, а также обладают самостоятельной биологической активностью [7, 8]. Подробный аминокислотный состав молок лососевых приведен в Таблице 1.

Таблица 1. Аминокислотный состав молок лососевых рыб

Наименование аминокислоты	Шкала ФАО/ ВОЗ	Молоки лососевых мороженные	
		аминокислоты, г на 100 г белка	Значение аминокислотного скора, %
Аспаргиновая кислота	-	5,55	-
Треонин*	4	3,06	76,5
Серин	-	4,25	-
Глутаминовая кислота	-	9,02	-
Глицин	-	6,68	-
Аланин	-	5,6	-
Валин*	5	4,85	97,1
Метионин* + цистин*	3,5	0,6	17,1
Изолейцин	4	2,97	74,25
Лейцин	7	5,35	76,4
Лизин*	5,5	7,06	128,3
Гистидин	-	1,9	-
Аргинин	-	13,9	-
Тирозин* + фенилаланин*	6	5,53	92,1
Пролин	-	9,6	-
Общее содержание незаменимых аминокислот	-	29,42	-
Сумма аминокислот	-	85,92	-

*незаменимые аминокислоты

Изучение аминокислотного состава молок лососевых, в частности аминокислотного скора, показывает, что белки молок лососевых относятся к биологически полноценным белкам, поскольку в их составе присутствуют все незаменимые аминокислоты, составляющие идеальный белок [2].

Несмотря на то, что данное сырье содержит небольшой процент липидов (1-3%), молоки лососевых рыб являются уникальным источником жирных кислот, обладают сбалансированным жирно-кислотным составом, отличным от мяса рыб. Липиды молок богаты эссенсеальными полиненасыщенными жирными кислотами, что можно видеть из исследований [9].

Количество полиненасыщенных жирных кислот в молоках лососевых рыб почти в два раза больше, чем насыщенных, и составляет в среднем в зависимости от вида молок 49-52 % от суммы всех жирных кислот, содержащихся в липидах молок.

При этом рыбные молоки богаты белками, фосфолипидами, витаминами РР, С, группы В (В12, В1, В2, В6), минеральными веществами [10]. Таким образом, молоки являются ценным вторичным сырьем рыбного промысла, с высокой биологической ценностью и имеют потенциал для использования при разработке новых функциональных продуктов.

Изучением технологических свойств молок занимались такие ученые, как Полещук Д.В., Дементьева Н.В. На основе исследований, проведенных в этой области, можно оценить молоки лососевых рыб как сырье, обладающее широким спектром технологических свойств. Так, невысокое содержание водорастворимых и солерастворимых белков, а также большое количество ДНК в молоках позволяет говорить о высокой эмульгирующей способности [11, 12].

Это подтверждается другим исследованием, где оценивались коэффициенты влагосвязывания и влагоудерживания, которые составляли соответственно 92,3% и 100%. Полученные результаты позволяют использовать молоки лососевых рыб как структурные компоненты в различных смесях. А высокое содержание нуклеопротеидов обеспечивает молокам технологические свойства, характерные для эмульгаторов и загустителей, что доказывает исследование, проведенное Гладких Н.В, Забалуевой Ю.Ю., в котором была разработана рецептура майонеза с использованием эмульсии на основе молок лососевых рыб [11, 13].

Однако сфера применения молок ограничена ввиду специфических органолептических свойств – характерных рыбных запаха и вкуса. С целью улучшения органолептических характеристик и впоследствии потребительского качества продукта, используют различные методы биомодификации. Так, на сегодняшний день изучались такие методы как ферментация молок протеолитическими препаратами [14, 15]. Ученые Ким И.Н, Бондар Н.В., Костенко А.А. разработали технологию ферментации сырья с использованием пробиотических культур заквасок, которая позволила заменить часть сырья (до 40%) в производстве творога и сыра. Технологии ферментации молок лососевых позволяют улучшить органолептические и,

предположительно, реологические свойства сырья, что позволит расширить их применение. Опираясь на эти исследования, можно сказать о том, что сырье молок обладает большим потенциалом для использования в продуктах питания, в том числе альтернативных методов.

Эксперимент проводился в три этапа, на основании которых удалось установить оптимальные критерии для приготовления эмульсии.

Для определения условий биомодификации молок путем ферментации на основании анализа ранее проводимых исследований для эксперимента использовалась ферментация двумя методами:

- модификация сычужным ферментом;
- модификация пробиотической закваской «Эвиталия».

Биомодификацию молок проводим в следующих условиях – температура выдержки ферментируемого сырья 20^0 С, время изменяется от 30 минут.

Для оценки результатов биомодификации определяем реологические и органолептические свойства образцов. Оценка процесса приведена в Таблице 2.

Таблица 2. Оценка органолептических свойств ферментации молок

Время контроля	Наблюдения	
	Образец 1 (Сычужный фермент)	Образец 2 (Эвиталия)
30 мин	Ярко выраженный рыбный запах, цвет молок не изменился в сравнении с контролем, цвет раствора – красный.	Нет явного запаха, характерного рыбе, цвет и консистенция не изменились в сравнении с контролем, цвет раствора светлорозовый
1 час	Запах рыбный уменьшился, консистенция не изменилась, цвет раствора изменился на темнокрасный.	Появился неяркий рыбный запах, цвет однородный, наблюдается размягчение тканей

Таким образом, можно считать, что для ферментации закваской «Эвиталия» оптимальный временной промежуток составляет не более 30 минут, для сычужного фермента от 30 мин до часа. Образец с сычужным ферментом уступает по органолептическим показателям образцу с закваской.

На следующем этапе подбирали оптимальную рецептуру белково-жировой эмульсии. Для этого провели эмульгирование образцов в различных пропорциях и равных условиях. Оптимальным соотношением была выбрана пропорция молоки:жир:вода – 40:30:30. Проверку устойчивости проводили методом экспозиции, а также термостатированием образцов. Результаты приведены в Таблице 3.

Таблица 3. Результаты исследования эмульсии по органолептическим показателям

Этап	Эвиталия + сыворотка (обр. 1)	Сычужн + вода (обр 2)	Сычужн + сыворотка (обр 3)	Контроль (нефермент.)
Биофортификация	Светло бежевый оттенок, рыбный запах слабо выражен, равномерная консистенция	Цвет кремовый, консистенция более плотная, запах ярче	Цвет темно-кремовый, консистенция густая, равномерная, запах более выраженный	
Экспозиция	Внешний вид не изменился, рыбный запах почти не определяется, консистенция – плотная, равномерная	Внешний вид не изменился, наблюдается загустение, консистенция однородная, рыбного запаха нет	Внешний вид не изменился, наблюдается загустение, консистенция однородная, рыбного запаха нет	Более густая консистенция, в сравнении с образцами 1-3, ярко выраженный рыбный запах, цвет светло-бежевый
Термостатирование	Консистенция равномерная, плотная, цвет не изменился, расслоение не наблюдается, слабо-выраженный рыбный запах	Консистенция равномерная, более плотная чем в образце 1. Цвет кремовый, слабо выраженный рыбный запах, расслоения нет	Консистенция равномерная, более плотная чем в образце 1. Цвет кремовый, слабо выраженный рыбный запах, расслоения нет	Консистенция плотная, неравномерная эмульсия (выражены пузырьки воздуха), расслоения нет, яркий рыбный запах

Как видно по органолептической оценке, образцы с биомодификацией показали лучшую эмульсирующую способность, вне зависимости от вносимого ферментного препарата. Основным технологическим результатом биомодификации можно считать полное или частичное дезодорированные эмульсий, что отличает их от контрольного образца. При экспозиции образцы с введением в качестве жидкой фазы подсырной сыворотки стабилизировались, образовав более плотную эмульсию. При термостати-

ровании ни в одном образце расслоения или другого нарушения эмульсии не наблюдалось, кроме контрольного. Однако образец с внесением закваски «Эвиталия» обладает лучшими в сравнении с другими образцами органолептическими характеристиками, в связи с чем принимаем этот метод приготовления эмульсии из молок лососевых рыб как технологически оптимальный.

Актуальность переработки и использования в пищевой промышленность вторичного сырья нельзя недооценивать. Зачастую, такое сырье обладает высокой биологической и технологической ценностью, а значит необходимо искать новые методы его переработки и включения в продукты питания.

Так, молоки лососевых рыб являются ценным пищевым сырьем с высоким содержанием белка, уникальным жирнокислотным составом, а также богаты витаминами и минеральными веществами, поэтому являются подходящим сырьем для использования в функциональных продуктах.

На основании комплексного исследования состава и свойств молок лососевых рыб обоснована целесообразность их использования в качестве белкового компонента в рецептуре комбинированных пищевых продуктов.

В процессе работы была обоснована биомодификация данного вида сырья, позволяющая улучшить технологические и органолептические свойства молок и повысить их ценность. Разработка эмульсии на основе молок показала эффективность технологии биомодификации, так как позволила получить более стабильную эмульсию. Дальнейшим применением данного пищевого ингредиента может являться использование белково-жировой эмульсии в мясных и рыбных рубленных и эмульгирования продуктах.

Литература

1. Рогов, И.А. Медико-технологические аспекты разработки и производства функциональных пищевых продуктов / И.А. Рогов, Е.Н. Орешкин, В.Н. Сергеев // Пищевая промышленность: научно-производственный журнал. – 2017. – № 1.

2. Методическое письмо от 23.12.2004 «Способ определения пищевого статуса больных и методы его коррекции специализированными продуктами лечебного питания в условиях стационарного и санаторно-курортного лечения», 39 с.

3. Шендеров, Б.А. Роль питания и симбиотической микробиоты в эпигенетике хронических соматических заболеваний // Вопросы диетологии. – 2015. – № 5 (1). – С. 22-23.

4. Шендеров, Б.А. Роль эндогенных и микробных газовых молекул в физиологии и патофизиологии сердечно-сосудистой системы // Вестник восстановительной медицины. – 2015. – № 5. – С. 58-65.

5. Полещук, В.И., Полещук, Д.В., Максимова, С.Н., Верещагина, К.К. Потенциал молок лососевых и сардины тихоокеанской (иваси) в технологии кулинарной формованной продукции // Научные труды Дальрыбвтуза., 2019.

6. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

7. Федянина, Л.Н., Беседнова, Н.Н., Эпштейн, Л.М., Каленик, Т.К. Иммунотропное действие биологически активного вещества днк из молок лососевых рыб в эксперименте // Acta Biomedica Scientifica. – 2006. – № 5.

8. Personalized nutrition: principles and applications / Eds. F. Kok, L. Bouwman, F. Desiere. - CRC Press: Taylor and Francis Group, 2008.

9. Бурханова, А.Г., Забалуева, Ю.Ю., Иванов, А.Ю., Полозова, Т.В. Изучение жирнокислотного состава белково-жировой эмульсии из молок лососевых рыб // МНИЖ. – 2016. – № 11. – С. 4.

10. Забалуева, Ю.Ю., Бурханова, А.Г. Технологические аспекты получения белково-жировой пасты из молок лососевых рыб // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – № 2.

11. Богданов, В.Д., Дементьева, Н.В. Обоснование способа получения гомогенного продукта из молок рыб // Научные труды Дальрыбвтуза, 2015.

12. Дементьева, Н.В., Богданов, В.Д., Буненкова, Н.А. Обоснование технологических параметров получения устойчивых эмульсионных систем на основе молок лососевых // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана, 2011.

13. Гладких, Н.В. Разработка технологии мясных изделий с включением эмульсии на основе молок лососевых рыб // Московский государственнный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, Москва, 2014.

14. Калиниченко, Т.П., Ярочкин, А.П., Тимчишина, Г.Н., Кузнецов, Ю.Н. Возможность ферментирования сырья при производстве майонеза из молок минтая // Известия ТИНРО, 2008.

15. Кильмаев, А.А., Разумовская, Р.Г. Исследование ферментативного гидролиза малоценного рыбного сырья в технологии получения белковых продуктов // Вестник АГТУ. – 2007. – № 3.

Влияние наночастиц на активность амилаз различного происхождения

Е.В. Матлахов, А.С. Шатова,
магистранты I курса кафедры технологий бродильных производств и виноделия,
Институт пищевых систем и здоровьесберегающих технологий
Московского государственного университета пищевых производств
e-mail: egor.matlahoff2013@yandex.ru

Аннотация. *Дана общая оценка развития нанотехнологий на современном этапе. Приведены данные о потенциальном риске присутствия наночастиц в окружающей среде и технологических средах. Рассмотрено влияние наночастиц диоксида титана и многослойных углеродных нанотрубок на активность амилаз растительного и микробного происхождения. Отмечена целесообразность изучения влияния наночастиц оксида алюминия на амилолитическую способность ферментов и результаты процессов пивоварения, базирующихся на ферментативном катализе.*
Ключевые слова: *нанотехнологии, наночастицы, влияние на биообъекты, амилолитическая способность.*

Influence of nanoparticles on the activity of amylases of various origins

E.V. Matlahov, A.S. Shatova,
1st year Master's students of the Department of Technologies of Fermentation and Winemaking,
Institute of Food Systems and Health-Saving Technologies,
Moscow State University of Food Production

Abstract. *A general assessment of the development of nanotechnology at the present stage is given. Data on the potential risk of the nanoparticles presence in the environment and technological media are presented. The effect of titanium dioxide nanoparticles and multilayer carbon nanotubes on the activity of amylases of plant and microbial origin is reviewed. The expediency of studying the effect of nanoparticles of aluminum oxide on the amylolytic ability of enzymes and the results of brewing processes based on enzymatic catalysis is noted.*
Keywords: *nanotechnology, nanoparticles, influence on biological objects, amylolytic ability.*

Несмотря на то, что в течение нескольких последних десятилетий интенсивно разрабатывается и внедряется в производство множество инновационных приемов, начало XXI столетия справедливо называют «веком

нанотехнологий». Наноразмерные объекты природного происхождения всегда присутствовали в экосфере планеты Земля, но лишь после прочитанной в 1960 году Ричардом Фейнманом лекции [3] начались интенсивные исследования способов получения характеристик, а позднее и эффективности применения антропогенных, то есть, целенаправленно произведенных наночастиц. Результатом стало бурное развитие нанотехнологий и как области научных изысканий, и как составляющей производства продукции во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства, в медицине [13, 20]. Изучение объектов наноразмера является основой для понимания и, более того, контроля основных «строительных блоков» материи, лучшему пониманию природы, повышению производительности, расширение границ устойчивого развития и человеческого потенциала [20]. Внедрение нанотехнологий затрагивает практически все аспекты современной жизни [16]. Наночастицы и наноматериалы применяются для производства продукции, как специализированного назначения, так и массового потребления [8, 9, 10, 11, 17, 21].

Ряд разработок, посвященных потенциальным применениям наночастиц, предполагает возможность решения, таким образом, некоторых экологических проблем, которые, в целом, становятся все острее и острее. Все более широкое использование антропогенных наночастиц в промышленных и бытовых целях, скорее всего, приведет к попаданию таких материалов в окружающую среду. Оценка рисков присутствия наноразмерных объектов в окружающей среде требует понимания их мобильности, реакционной способности, экотоксичности и стойкости. При этом появляется возрастающее количество публикаций [4, 5, 7, 12, 23], свидетельствующих, что наночастицы могут оказывать негативное воздействие на различные биологические объекты, окружающую среду в целом. Выявлена более или менее выраженная фитотоксичность по отношению к кукурузе и рису наночастиц оксидов металлов (титана, кремния, церия, железа, алюминия, цинка и меди) [24]. Показано, что разные наночастицы оказывают негативное воздействие, интенсивность и проявление которого зависит как от вида растения, так и от концентрации. Сообщается [14], что, присутствуя в некоторых концентрациях, наночастицы оксида алюминия снижают содержание хлорофилла в двух видах пресноводных зеленых водорослей. Наночастицы того же типа оказывают негативное влияние на физиологические процессы пажитника [15] и, как следствие, его агротехнические характеристики; на основании полученных данных заключается, что одним из механизмов такого воздействия является изменение активностей важных ферментативных систем растения. Аналогичная точка зрения высказана группой ученых, исследовавших воздействие наночастиц оксида церия на рассаду риса [19].

Высказывается логичное мнение [18, 22], что аккумуляция наночастиц растениями, являющимися сырьем пищевых производств, приведет к их попаданию в пищевые цепочки. Это представляется тем более опасным,

что отмечена генотоксичность наночастиц (на примере высоких концентраций диоксида титана) по отношению к лимфоцитам периферической крови человека и культуре клеток почки человека [6]. Это позволяет предположить, что и организм человека может испытывать негативное воздействие наноразмерных объектов, попадающих в него с воздухом, водой и продуктами питания.

Весь массив имеющихся в научной литературе данных позволяет предположить, что исследование влияния наночастиц на различные объекты и процессы, в том числе, пищевых производств, является актуальным. Вследствие этого, около 10 лет назад в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» было начато изучение воздействия наноразмерных объектов различных типов на сырье, полупродукты, вспомогательные материалы и готовую продукцию бродильных производств, в первую очередь, пивоварения. В качестве одной из групп объектов воздействия были выбраны ферменты и ферментные препараты, активность которых определяет протекание и результаты ключевых технологических стадий, в первую очередь, биокатализаторы амилолитического типа действия. Ниже представлены обобщенные результаты нескольких серий экспериментов, проведенных с указанной целью.

Необходимо отметить, что анализируемые ниже данные были получены в разное время и различными группами исследователей, однако условия экспериментов были сходными. Это, по нашему мнению, позволяет сопоставлять полученные результаты и делать на основании этого обоснованные выводы.

Активность амилаз различного происхождения в контрольных и опытных вариантах оценивали косвенно, по количеству гидролизованного крахмала, определяя последнее по приросту редуцирующих веществ (РВ) в реакционной среде после ферментативной реакции. Субстратом для действия амилаз служил 1 %-ный раствор растворимого крахмала.

Амилолитическая активность солода, как основного сырья пивоваренного производства в значительной степени определяет результаты стадии затирания, сбраживаемость пивного сусла и, как следствие, итоги стадий главного брожения и дображивания, а также качество готового пива (органолептические характеристики, содержание этилового спирта, коллоидную и биологическую стойкость напитка). Поэтому было изучено [2] влияние на эту характеристику светлого пивоваренного ячменного солода наночастиц TiO_2 или многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ). В качестве источника амилолитических ферментов растительного происхождения использовали солодовую вытяжку, приготовленную стандартным способом.

В каждом из вариантов к 10 $см^3$ раствора субстрата (1%-ного раствора растворимого крахмала) добавляли 5 $см^3$ солодовой вытяжки. Контрольные варианты не содержали наночастиц, тогда как в опытные нанопрепараты диоксида титана и МУНТ вносили в таком количестве, чтобы

обеспечить их содержание в реакционных средах в диапазоне 0,125 – 5,0 мг/см^3. Ферментативный гидролиз крахмала проводили в течение 60 мин при pH 4,7 и температуре 50^0 С. Сразу по завершении ферментативной реакции в пробах, отобранных от образцов, определяли концентрации РВ. Полученные результаты представлены на Рис. 1. Для удобства сопоставления приведены величины прироста концентрации РВ за время ферментативной реакции в процентах к контролю.

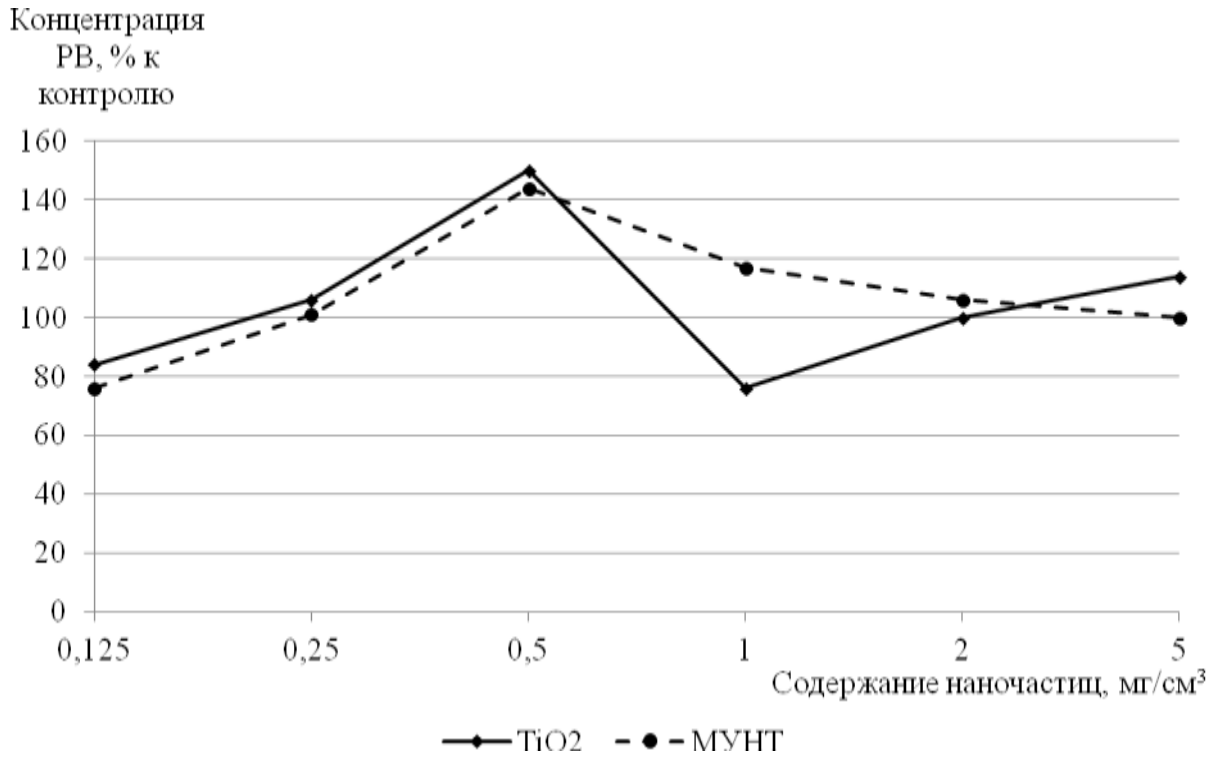


Рис. 1. Влияние различных концентраций нанопрепаратов TiO_2 и МУНТ на накопление РВ при гидролизе в течение 1 ч 1%-ного раствора растворимого крахмала под действием амилаз солодовой вытяжки.

Данные Рис. 1 позволяют заключить, что присутствие в реакционной среде наночастиц обоих типов в условиях экспериментов существенно влияет на амилолитическую активность солодовой вытяжки. Интенсивность и направление этого влияния зависит как от типа наноразмерных объектов, так и, в большей степени, от их содержания в среде ферментативного гидролиза. Видно, что некоторые концентрации приводят к снижению контролируемого показателя на 20 % и более по сравнению с контролем, при других амилолитическая способность вытяжки практически не изменяется, а в присутствии 0,5 мг/см^3 наночастиц как диоксида титана, так и МУНТ зафиксирован существенный активирующий эффект.

Следует отметить, что в цитируемой работе приводятся результаты экспериментов, в которых определялось влияние продолжительности контакта наночастиц в активирующих (0,5 мг/см^3 реакционной среды) и ингибирующих (1,0 мг/см^3 для TiO_2 и 0,125 мг/см^3 для МУНТ) концентрациях.

Они подтверждают сделанный вывод о сложном характере влияния наночастиц рассматриваемых типов на амилолитическую способность солодовой вытяжки, а также свидетельствуют, что с увеличением продолжительности контакта возрастает ингибирующий эффект обоих типов наноразмерных объектов и, в меньшей степени, активирующий эффект диоксида титана при его содержании в реакционной среде, равном 0,5 мг/см^3.

Учитывая изложенное выше, другая группа исследователей [1] определяла влияние тех же типов наночастиц на амилолитическую способность ферментного препарата микробного происхождения «Амилоризин П10х», обладающего как декстринирующей, так и осахаривающей активностью и применяемого в пивоварении и хлебопечении. Подход к проведению исследований и условия экспериментов аналогичны описанным выше, за исключением того, что в качестве объекта воздействия наночастиц диоксида титана и многослойных углеродных нанотрубок использован раствор ферментного препарата, а диапазон варьирования содержания наноразмерных объектов в реакционной среде был расширен (Рис. 2).

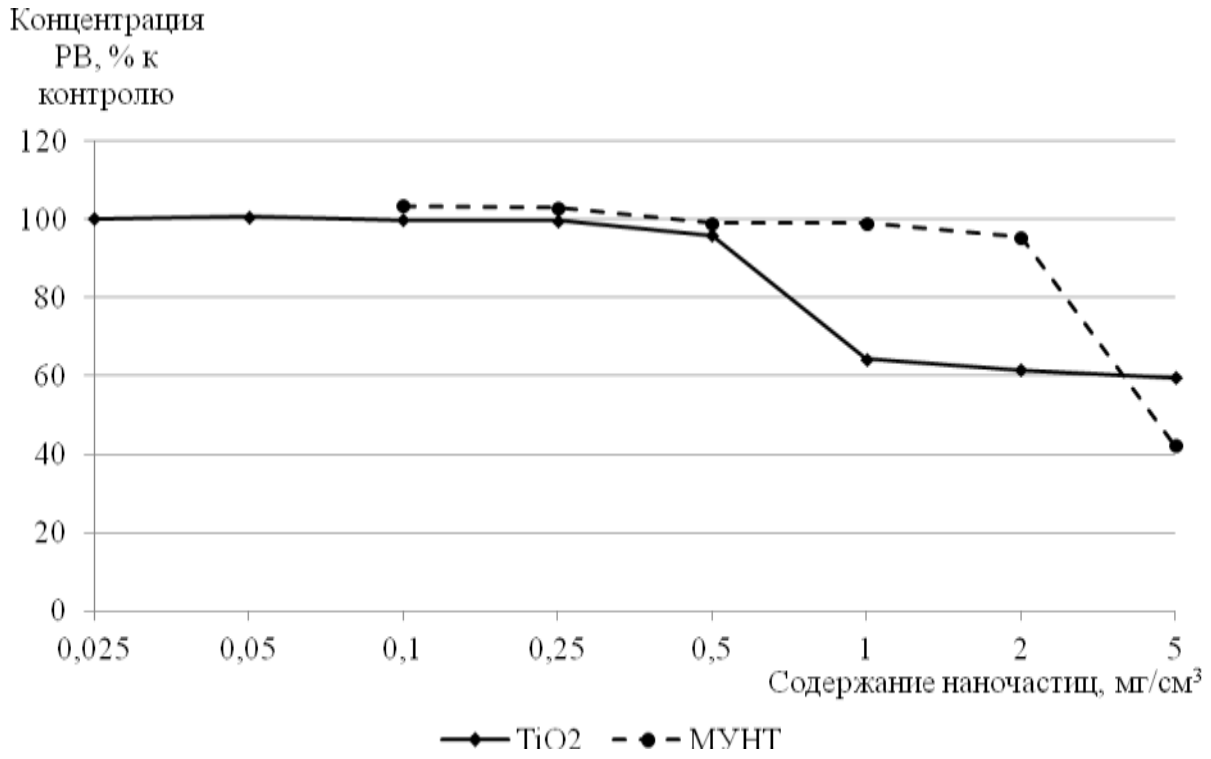


Рис. 2. Влияние различных концентраций нанопрепаратов TiO_2 и МУНТ на накопление РВ при гидролизе в течение 1 ч 1%-ного раствора растворимого крахмала под действием ферментного препарата «Амилоризин П10х».

Сопоставление данных рисунков 1 и 2 позволяет заключить, что наночастицы диоксида титана и МУНТ по-разному влияют на активность амилаз различного (растительного и грибного) происхождения. Во втором случае в условиях экспериментов фиксируется постепенное снижение

амилолитической способности ферментного препарата в опытных вариантах по сравнению с контрольными, а концентрации наночастиц, превышающие 1-2 мг/см^3, вызывают существенное, на 40-60 %, снижение величины контролируемого показателя.

Приведенные данные позволяют, по нашему мнению, заключить, что присутствие наночастиц различных типов в технологических средах пивоварения, по крайней мере, в высоких концентрациях, может приводить к ингибированию важных ферментов и, следовательно, ухудшать результаты всего производственного процесса в целом.

Кроме того, с нашей точки зрения, целесообразно продолжить рассмотрение влияния на ферментативные активности и технологические процессы в пивоварении, зависящие от биокатализаторов наночастиц, которые ранее не исследовались. В качестве таковых решено было выбрать нанопрепарат оксида алюминия. Наночастицы Al_2O_3 применяются (или предложены к применению) в качестве носителей лекарственных средств [8], эффективных и недорогих адсорбентов тяжелых металлов и радионуклидов в нанокомпозитных мембранах, катализатора, в производстве и хранении энергии, электроники и фотоники, сенсоров и биосенсоров, пломбировочных материалов [4, 10, 21], для очистки сточных вод [9, 17] и борьбы с патогенами [11]. При этом высказывается мнение как о невысокой токсичности [6, 14, 24] наночастиц алюминия по отношению к различным биологическим и биохимическим объектам, так и об их выраженном негативном воздействии [14, 15]. О результатах запланированных исследований будет сообщено.

Литература

1. Карпенко, Д.В., Дроздов, С.М., Евсеева, А.А. Влияние нанопрепаратов на активность амилаз / Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. – 2016. – № 5. – С. 28-31.

2. Карпенко, Д.В., Кашанков, В.О., Савина, М.В. Влияние нанопрепаратов на активность амилаз светлого ячменного солода / Пиво и напитки: безалкогольные, алкогольные, соки, вино. – 2017. – № 6. – С. 18-21.

3. Фейнман, Р.Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики / Российский химический журнал. – 2002. – Т. XLVI. – № 5. – С. 4-6.

4. Besha, A., Liu, Y., Fang, C., Bekele, D., Naidu, R. Assessing the interactions between micropollutants and nanoparticles in engineered and natural aquatic environments // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2019. – Vol. 50. – P. 1-81. https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1629799

5. Burke, D.J., Zhu, S., Pablico-Lansigan, M.P., Hewins, C.R., Samia, A.C.S. Titanium oxide nanoparticle effects on composition of soil microbial communities and plant performance // Biol. Fertil. Soils. – 2014. – Vol. 50. – P. 1169–1173. https://doi.org/10.1007/s00374-014-0938-3

6. Demir, E., Burgucu, D., Turna, F., Aksakal, S., Kaya B. Determination of TiO_2, ZrO_2, and Al_2O_3 Nanoparticles on Genotoxic Responses in Human Peripheral Blood Lymphocytes and Cultured Embyronic Kidney Cells // Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues. – 2013. – Vol. 76(16). – P. 990-1002. https://doi.org/10.1080/15287394.2013.830584

7. Handy, R.D., von der Kammer, F., Lead, J.R., Hassellöv, M., Owen, R., Crane, M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles // Ecotoxicology. – 2008. – Vol. 17. – P. 287–314. https://doi.org/10.1007/s10646-008-0199-8

8. Li, H., Li, Y., Jiao, J., Hu, H. (2011). Alpha-alumina nanoparticles induce efficient autophagy-dependent cross-presentation and potent antitumour response // Nature nanotechnology. – 2011. – № 6. – P. 645-650. https://doi.org/10.1038/nnano.2011.153

9. Mayordomo, N., Alonso, U., Missana, T., Benedicto, A., García-Gutiérrez, M. Addition of Al_2O_3 nanoparticles to bentonite: Effects on surface charge and Cd sorption properties // MRS Online Proceedings Library. – 2014. – № 1665. – P. 131-137. https://doi.org/10.1557/opl.2014.638

10. Md Jani, A.M., Losic, D., Voelcker, N.H. Nanoporous anodic aluminium oxide: Advances in surface engineering and emerging applications // Progress in Materials Science. 2013. – Vol. 58(5). – P. 636–704. https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2013.01.002

11. Moshafi, M., Ranjbar, M., Ilbeigi, G. Eco-Friendly and Systematic Study for Synthesis of La3+/α-Al_2O_3 Nanoparticles: Antibacterial Activity Against Pathogenic Microbial Strains // International Journal of Nanomedicine. – 2019. – Vol. 14. – 10137-10146. https://doi.org/10.2147/IJN.S215372

12. Mukherjee, A., Peralta-Videa, J.R., Bandyopadhyay, S., Rico, C.M., Zhao, L., Gardea-Torresdey, J.L. Physiological effects of nanoparticulate ZnO in green peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in soil // Metallomics. – 2014. – Vol. 6. – P. 132–138. https://doi.org/10.1039/c3mt00064h

13. Nowack, B., Bucheli, T.D. Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment // Environ. Pollut. – 2007. – № 150. – P. 5–22. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.006

14. Ozturk, B.Y., Daglioglu, Y., Aşikkutlu, B., Akköz, C. Changes in pigment content of green algae (*Desmodesmus sp*. and *Chodatodesmus mucranulatus*) exposed to alumina oxide (Al_2O_3) nanoparticles // Biological Diversity and Conservation. – 2018. – Vol. 11(3). – P. 64-70.

15. Owji, H., Hemmati, S., Heidari, R., Hakimzadeh, M. (2019). Effect of alumina (Al_2O_3) nanoparticles and macroparticles on *Trigonella foenum-graceum* L. in vitro cultures: assessment of growth parameters and oxidative stress-related responses // 3 Biotech. – 2019. – Vol. 9: 419 https://doi.org/10.1007/s13205-019-1954-7

16. Peralta-Videa, J.R., Zhao, L., Lopez-Moreno, M.L., de la Rosa, G., Hong, J., Gardea-Torresdey, J.L. Nanomaterials and the environment: A review for the biennium 2008–2010 // J. Hazard. Mater. – 2011. – Vol. 186. – P. 1-15. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.11.020

17. Qu, X., Alvarez, P.J.J., Li, Q. Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment // Water Research. – 2013. – Vol. 47(12). – P. 3931–3946. https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.09.058

18. Rico, C.M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain // J. Agric. Food Chem. – 2011. – Vol. 59. – P. 3485–3498. https://doi.org/10.1021/jf104517j

19. Rico, C.M., Morales, M.I., McCreary, R., Castillo-Michel, H., Barrios, A.C., Hong, J., Tafoya, A., Lee, W.-Y., Varela-Ramirez, A., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. Cerium oxide nanoparticles modify the antioxidative stress enzyme activities and macromolecule composition in rice seedlings // Environ. Sci. Technol. – 2013. – Vol. 47. – P. 14110–14118. https://doi.org/10.1021/es4033887

20. Roco, M.C. Broader societal issues of nanotechnology // J. Nanopart. Res. – 2003. – № 5. – С. 181–189. https://doi.org/10.1023/A:1025548512438

21. Safarabadi, M., Mehri khansari, N., Rezaei, A. An experimental investigation of HA/AL_2O_3 nanoparticles on mechanical properties of restoration materials // Engineering Solid Mechanics. – 2014. – № 2. – P. 173-182. https://doi.org/10.5267/j.esm.2014.4.006

22. Servin, A.D., Morales, M.I., Castillo-Michel, H., Hernandez-Viezcas, J.A., Munoz, B., Zhao, L., Nunez, J.E., Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L. Synchrotron verification of TiO_2 accumulation in cucumber fruit: A possible pathway of TiO_2 nanoparticle transfer from soil into the food chain // Environ. Sci. Technol. – 2013. – Vol. 47. – P. 11592–11598. https://doi.org/10.1021/es403368j

23. Wang, Z., Xie, X., Zhao, J., Liu, X., Feng, W., White, J.C., Xing, B. Xylem- and phloem-based transport of CuO nanoparticles in maize (*Zea mays* L.) // Environ. Sci. Technol. – 2012. – Vol. 46. – P. 4434–4441. https://doi.org/10.1021/es204212z

24. Yang, Z., Jing, C., Dou, R., Gao, X., Mao, C., Wang, L. Assessment of the Phytotoxicity of Metal Oxide Nanoparticles on Two Crop Plants, Maize (*Zea mays* L.) and Rice (*Oryza sativa* L.) // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2015. – Vol. 12. – P. 15100-15109. https://doi.org/10.3390/ijerph121214963

Картирование и мониторинг процессов вторичной переработки нефти и органического синтеза на основе рефрактоденс Куртца-Лорентца

Н.Д. Залальтдинова,
аспирант,
В.Ф. Николаев,
д.х.н., профессор;
кафедра технологии основного органического и нефтехимического синтеза,
Казанский национальный исследовательский технологический университет
e-mail: nursina2013@yandex.ru; mobin7@yandex.ru

Аннотация. *Рассмотрены возможности совместного использования поточных рефрактометров и денсиметров (или рефракто-денсиметрических анализаторов) для описания траекторий и контроля протекания вторичных процессов нефтепереработки и процессов органического синтеза. Описаны методические приемы интерпретации экспериментальных данных. Разработан и на примере процесса оксиэтилирования изононилфенола апробирован алгоритм расчета степени конверсии сырья по рефракто-денсиметрическим характеристикам сырья, промежуточных и конечного продуктов.*
Ключевые слова: *показатель преломления, плотность, удельная рефракция, интерцепт рефракции.*

Mapping and monitoring of secondary oil refining and organic synthesis processes based on Kurtz-Lorentz refractodence

N.D. Zalaltdinova,
graduate student,
V.F. Nikolaev,
Doctor of Chemical Sciences, Professor;
Department of General Organic and Petrochemical Synthesis Technology
Kazan national research technological University

Abstract. *Possibilities of joint use of flow refractometers and densimeters (or refracto-densimetric analyzers) for describing trajectories and monitoring the flow of secondary oil refining and organic synthesis processes are considered. Methodological techniques for the interpretation of experimental data are described. An algorithm for calculating the degree of conversion of raw materials based on the refractive-densimetric characteristics of raw materials, intermediate and final products has been developed and tested on the example of the oxyethylation of isononylphenol.*
Keywords: *refractive index, density, specific refraction, refractive intercept.*

Ранее авторами в работах [1, 2] было показано, что совместная регистрация первичных аналитических сигналов жидкостных материальных потоков (сырье, промежуточные и конечные продукты) – показателя преломления и плотности позволяет после преобразования последних в структурно дифференцирующие координаты (интерцепт рефракции Куртца *RI* и удельную рефракцию Лорентца-Лоренца *sR*) визуализировать в режиме реального времени на *2D*-идентификационных картах, индицируемых на мониторах операторных различные стадии протекания технологических процессов.

Траектория протекания процесса оксиэтилирования изононилфенола до неонола АФ9-12 на рефракто-денсиметрической идентификационной карте в координатах Куртца-Лорентца

Примером применения метода рефракто-денсиметрического контроля протекания технологических процессов может служить процесс оксиэтилирования изононилфенола. Этот процесс реализован на ПАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск. Оксиэтилированные изононилфенолы (неонолы) получают взаимодействием 1 моля дистиллированного изононилфенола с массовой долей моноалкилфенолов не менее 98 % с заданным числом молей оксида этилена *n*.

Все процессы оксиэтилирования проводятся при 150-200°С в присутствии в качестве катализатора оснований (около 0,3% NaOH или метилата натрия) при атмосферном или повышенном давлении до 2 МПа. Сходство условий синтеза обусловлено тем, что основная стадия наращивания этиленоксидной цепочки всегда одна и та же: последовательное присоединение этиленоксида к гидроксильным группам первичного оксиэтилированного продукта. Принимая, что конечным продуктом оксиэтилирования является продукт – неонол АФ 9-12 и располагая данными по показателям преломления и плотностям исходных, промежуточных и конечных жидких (при 20°С, атм. давл.) продуктов, траектория процесса оксиэтилирования может быть визуализирована на идентификационной рефракто-денсиметрической карте в виде прямой (Рис.1), расположенной в квадранте III, т.е. ниже и левее полиметиленового центра (ПМЦ). Нормативные требования к неонолам приведены в [3].

Из Рис. 1 можно видеть, что изононилфенол, хотя и содержит в себе ароматический фрагмент, располагается уже не в правом верхнем олефино-ароматическом квадранте I, а в квадранте III, в котором находятся такие кислородсодержащие гомологические ряды органических веществ как альдегиды, кетоны, спирты и карбоновые кислоты, а также цикланы. Направление траектории процесса оксиэтилирования сверху справа влево вниз указывает на устремленность ее при гипотетически бесконечной степени оксиэтилирования к точке, соответствующей окиси этилена. Степень конверсии сырья рассчитана по ур. (1) из рефракто-денсиметрических координат RI и sR сырья, промежуточных и конечного продуктов (Таблица 1)

$$k(\%) = 100 \cdot \left[\frac{(sR_0 - sR_x)^2 + (RI_0 - RI_x)^2}{(sR_0 - sR_k)^2 + (RI_0 - RI_k)^2}\right]^{0,5} \quad (1)$$

где sR_0, RI_0 – координаты исходного сырья, sR_k , RI_k – координаты конечного продукта. Многостадийные технологические процессы будут представляться на идентификационной карте ломаной прямой, соединяющей последовательно точки стадий.

*Таблица 1. Характеристики исходного сырья, промежуточных и конечного продуктов (жидкие при 20 ℃, атм. давл.)**

Исходное сырье, промежуточные и конечный продукты	Плотность d^{20}, г/см^3	Показатель преломления n_D^{20}	Интерцепт рефракции RI	Удельная рефракция Лорентца-Лоренца sR	Степень конверсии*, k-100%
изононилфенол	0,9515	1,5070	1,0312	0,3128	0,0
АФ9-4	1,0239	1,5010	0,9891	0,2878	54,0
АФ9-6	1,0373	1,4945	0,9759	0,2809	70,4
АФ9-10	1,0630	1,4882	0,9567	0,2711	94,1
АФ9-12	1,0684	1,4861	0,9519	0,2688	100,0

* Примечание. Измерения показателей преломления образцов Неонолов АФ проводились на рефрактометре ИРФ-454Б2М (20°С), плотностей – гидростатически (20°С).

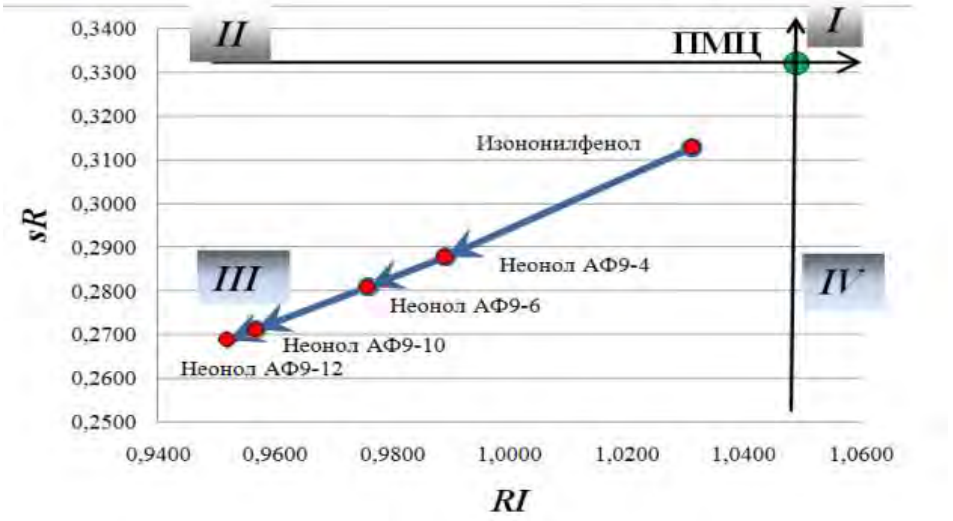


Рис. 1. Траектория процесса оксиэтилирования изононилфенола до Неонола АФ 9-12 на рефракто-денсиметрической идентификационной карте.

Траектория процесса каталитического риформинга на рефракто-денсиметрической идентификационной карте (ООО ПО «Киришинефтеоргсинтез»)

Для использования прямогонных бензиновых фракций в качестве высокооктановых компонентов автобензинов их необходимо подвергнуть каталитическому риформингу, основным назначением которого является ароматизация бензиновых фракций [4]. Процесс проводят с использовани-

ем платиновых катализаторов в присутствии водородсодержащего газа. Давление процесса составляет 1-4 МПа, а температура – 480 - 510°С.

Для получения компонентов высокооктанового бензина в качестве сырья используют широкую бензиновую фракцию с температурой кипения 100-180°С, а для индивидуальных ароматических углеводородов в качестве сырья используют узкие бензиновые фракции: для получения бензола – фракцию с температурой кипения 60-85°С; для получения толуола – фракцию с температурой кипения 85-110°С; для получения ксилолов – фракцию с температурой кипения 105-140°С.

В процессе каталитического риформинга протекает ряд сложных химических реакций образования ароматических углеводородов, таких как дегидрирование нафтеновых углеводородов, дегидроциклизация *н*-парафиновых углеводородов, циклизацией изопарафина с последующей изомеризацией, изомеризация и деалкилирование алкилароматических углеводородов и т.д.

На Рис. 2 показана технологическая схема процесса риформинга.

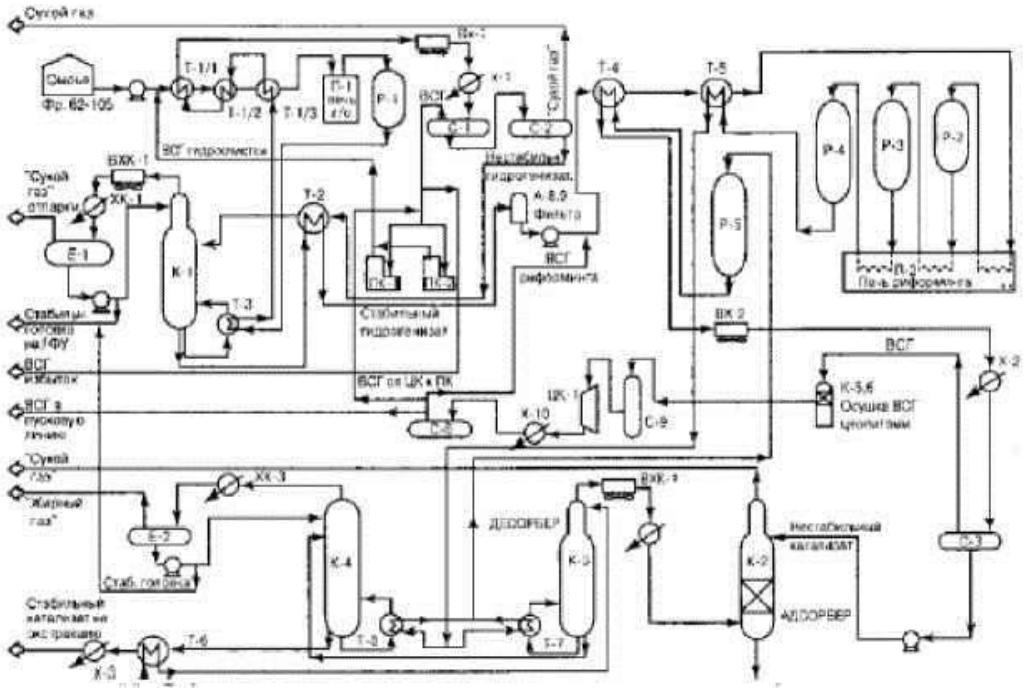


Рис. 2. Установка ЛГ-35/8-300 Б. Блок риформинга.

К-1 – отпарная колонна; К-4 – колонна стабилизации катализата; Р-1 – реактор гидроочистки; Р-2, 3, 4 – реакторы риформинга; Р-5 – реактор селективного гидрирования; Т-2 – теплообменник нагрева сырья; Т-3, 8 – рибойлеры; Т-4, 5 – теплообменники нагрева стабильного гидрогенизата; ПК-1, 2 – компрессоры гидроочистки; С-3 – сепаратор риформинга; Х – холодильники.

Сырье, проходя последовательно реакторы (печи) риформинга Р-2, -3, -4, обогащается ароматическими углеводородами, после чего поступает в реактор догидрирования (селективного гидрирования) Р-5. Содержание нафтенов и парафинов при этом снижается и точка конечного продукта – стабильного катализата располагается на карте процесса уже в квадранте I, где располагаются ароматические углеводороды. Штатное течение процесса может четко контролироваться и фиксироваться по координатам *RI* и *sR*. В рассматриваемом процессе каталитического риформинга, для которого построены траектории, сырьем для установки служила фракция 62-105°С прямогонного бензина.

Контроль протекания данного технологического процесса рефракто-денсиметрическим методом (при наличии технической возможности непрерывного пробоотбора) особенно эффективен и нагляден при представлении процесса на рефракто-денсиметрической карте (монитор операторной) в координатах *RI – sR* (Таблица 2). Информативность представления траектории процесса на идентификационной карте процесса связана с тем, что избранные координатные оси *RI, sR* карты хорошо топологически дифференцируют положение на ней таких различных гомологических рядов углеводородов как парафины (квадрант II), нафтены (квадрант III) и арены (квадрант I).

Поскольку сырьем процесса риформинга являются прямогонные бензиновые фракции, то положение точки сырья на карте будет варьироваться в зависимости от фракционного состава (температурного интервала фракции), соотношения нормальных углеводородов и изопарафинов (квадрант II идентификационной карты) и нафтенов (квадрант III). В большинстве случаев содержание парафинов в сырье преобладает над содержанием нафтенов, поэтому точка сырья, как это показано ниже на идентификационных картах траекторий процесса (Рис. 3), находится в квадранте II.

Используя показатели преломления и плотности индивидуальных углеводородов, приведенных в [4], были рассчитаны рефракто-денсиметрические характеристики сырья, гидрогенизата и катализата.

Расчет корректированной массовой доли компонента *i* в смеси w_{corri} производился по соотношению (2):

$$w_{corri} = W_i / \sum_{i=1}^{n} W_i\,(\%), \qquad (2)$$

где $\sum_{i=1}^{n} W_i\,(\%)$ – сумма компонентов (% масс.), находящихся в жидком состоянии при 20°С и атмосферном давлении.

При расчете плотности анализируемого потока $d_{см}$ по его химическому составу, выраженному в массовых долях, использовалось соотношение (3):

$$d_{см} = 1 / \sum_{i=1}^{n} (w_{corri} / d_i) \qquad (3)$$

Таблица 2. Индивидуальный состав жидких потоков на установке ЛГ 35-8/300Б [27]

Компонент, %масс.	Сырье	Гидрогенизат	Стаб. катализат	Катализат после				Показатель преломления n_D^{20}	Плотность d^{20}, г/см^3
				Р-2	Р-3	Р-4	Р-5		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Этан	-	-	-	-	-	0,01	0,01	1,0377	0,7520
Пропан	-	0,01	-	-	-	0,44	0,66	-	0,5853
Изобутан	-	0,70	0,38	-	-	1,33	1,74	-	-
Бутан	0,01	1,69	0,93	1,17	1,4	1,51	1,81	1,3326	0,5788
Изопентан	0,22	8,92	4,6	1,82	2,64	4,22	4,51	1,3537	0,6201
Пентан	0,89	6,20	3,34	1,51	1,84	3,00	3,08	1,3575	0,6262
2,2-Диметил-бутан	0,06	4,31	2,42	0,85	1,87	2,27	2,26	1,3688	0,6485
Циклопентан	0,50	0,96	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	1,4064	0,7454
2,3-Диметил-бутан	0,76	-	2,09	1,09	-	-	-	1,3750	0,6616
2-Метил-пентан	7,17	22,54	10,52	8,09	11,43	12,04	12,05	1,3715	0,6532
3-Метил-пентан	6,32	14,34	8,05	6,59	7,65	7,80	7,74	1,3765	0,6645
н-Гексан	20,9	17,37	9,71	17,13	13,53	9,76	9,40	1,3751	0,6603
Метилцикло-пентан	10,37	2,35	1,23	7,66	3,88	1,21	1,19	1,4097	0,7486
Непредельные (1-Гексен)	0,02	0,01	0,02	0,24	0,39	0,50	0,01	1,3837	0,6731
2,4-Диметил-пентан	0,65	0,78	0,42	0,63	0,64	0,40	0,40	1,3815	0,6727
Бензол	1,86	0,07	18,90	8,76	13,33	18,94	18,55	1,5011	0,8790
2,2,3-Триметил-бутан	0,04	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	1,3894	0,6901
3,3-Диметил-пентан	0,09	0,60	0,32	0,42	0,61	0,34	0,31	1,3909	0,6936
Циклогексан	6,74	0,13	0,06	0,72	0,12	0,05	0,06	1,4266	0,7786
2-Метил-гексан	4,34	4,48	2,41	4,42	4,29	2,32	2,33	1,3849	0,6787
2,3-Диметил-пентан	2,48	1,75	0,94	2,09	1,61	0,91	0,9	1,3919	0,6951
3-Метил-гексан	5,88	5,54	2,98	5,75	5,36	2,89	2,89	1,3885	0,6872
1,3-Диметил-циклопентан (цис)	2,27	0,09	0,05	1,03	0,16	0,06	0,04	1,4107	0,7488

1,3-Диметил-циклопентан (транс)	2,55	0,61	0,32	1,59	0,68	0,33	0,31	1,4089	0,7448
1,2-Диметил-циклопентан (транс)	3,98	0,10	0,05	1,31	0,17	0,06	0,05	1,4120	0,7514
н-Гептан	10,2	3,93	2,12	8,45	5,12	2,09	2,06	1,3878	0,683
1,2-Диметил-циклопентан (цис)	0,41	0,05	0,03	0,37	0,09	0,03	0,03	1,4222	0,7726
Метилциклогек-сан	5,19	0,09	0,05	0,54	0,07	0,03	0,05	1,4231	0,7694
2,5-Диметил-гексан	0,15	0,03	0,02	0,12	0,06	0,01	0,02	1,3925	0,6935
2,4-Диметил-гексан	0,16	0,04	0,02	0,13	0,09	0,03	0,03	1,3950	0,7004
Этилциклопен-тан	0,82	0,05	0,03	0,38	0,06	0,03	0,03	1,4198	0,7665
2,2,3-Триметилпентан	-	-	-	0,01	-	-	-	1,4030	0,7161
1-2-4-Триметил-циклопентан	0,39	-	-	0,11	0,01	-	-	1,4106	0,7473
3,3-Диметил-гексан	-	-	-	0,01	-	-	-	1,4001	0,7100
Толуол	1,69	0,91	23,42	10,83	16,60	23,20	23,12	1,4969	0,8669
1,2,3-Триметил-циклопентан	0,47	-	-	0,07	0,01	-	-	1,4144	0,7535
2,3,4-Триметил-Пентан	0,02	-	-	0,01	-	-	-	1,4042	0,7191
2,3-Диметил-гексан	0,09	-	-	-	-	-	-	1,4011	0,7121
2-метил-3-этилпентан	0,06	0,03	0,02	0,12	0,08	0,02	0,02	1,4040	0,7193
1,1,2-Триметил-циклопентан	0,04	0,01	-	0,03	-	-	-	1,4230	0,7725
2-метил-гептан	0,50	0,09	0,05	0,39	0,21	0,04	0,05	1,3949	0,6980
4-Метил-гептан	0,13	0,05	0,02	0,14	0,10	0,03	0,03	1,3979	0,7046
3,4-Диметил-гексан	0,04	0,02	-	0,05	-	-	-	1,4046	0,7200
3-Метил-гептан	0,30	0,14	0,09	0,40	0,32	0,08	0,09	1,3985	0,7058
Нафтеновые до С8 (циклогексан)	0,57	-	-	0,14	-	-	-	1,4266	0,7786
н-Октан	0,4	0,08	0,05	0,35	0,19	0,04	0,05	1,3974	0,7025
1,2-Диметил-циклогексан (транс)	0,08	-	-	0,01	-	-	-	1,4270	0,7760
1,3-Диметил-циклогексан (транс)	0,02	-	-	-	-	-	-	1,4265	0,7770
2,3,5-ТМГ	-	-	-	-	-	-	-	1,4060	0,7219
2,2-ДМГ	0,01	-	-	-	-	-	-	1,3935	0,6953
2,4-ДМГ	0,01	-	-	-	-	-	-	1,3953	0,7004

2,2,3-Триметил-Гексан	-	-	-	-	-	-	-	1,4105	0,7292
2-Метил,4-этилгексан	-	-	-	-	-	-	-	1,4110	0,7310
2,6-Диметил-Гептан	0,01	-	-	-	-	-	-	1,4011	0,7089
2,5-Диметил-Гептан	-	-	-	-	-	-	-	1,4038	0,7198
3,3-Диметил-Гептан	0,02	-	-	0,01	-	-	-	1,4087	0,7254
ЭЦГ+Этил-бензол	0,06	0,06	0,31	0,13	0,19	0,29	0,31	1,4959	0,8670
Сумма ТМЦГ	0,01	-	-	-	-	-	-	1,4307	0,7794
2,3,4-Триметил-Гексан	-	-	-	-	-	-	-	1,3997	0,7072
п-Ксилол	0,01	0,17	0,66	0,29	0,45	0,60	0,64	1,4958	0,8611
м-Ксилол	0,03	0,35	1,49	0,66	1,02	1,41	1,46	1,4972	0,8642
Изононаны	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-
о-Ксилол	0,01	0,09	0,83	0,39	0,61	0,77	0,81	1,5055	0,8802
Нафтеновые до С9 (циклоок-тан)	-	-	-	-	-	-	-	1,4586	0,8349
н-Нонан	-	-	-	-	-	-	-	1,4054	0,7176
Тяжелые С9+ (декан)	-	0,16	0,44	0,06	0,15	0,32	0,31	1,4102	0,7300
Непредельные	0,02	0,01	0,02	0,24	0,39	0,50	0,01		
Парафины	61,91	93,74	51,58	64,17	61,47	51,65	52,52		
Нафтены	34,47	4,44	2,35	14,47	5,79	2,32	2,27		
Ароматика	3,60	1,81	46,05	21,12	32,35	45,53	45,20		
Сумма	100,00	99,29	99,62	97,66	97,64	98,22	97,59		

Объемные доли каждого компонента в смеси v_i, необходимые для расчета показателя преломления смеси (в случае отсутствия экспериментальных величин), рассчитывались по соотношению (4):

$$v_i = (w_{corri}/d_i)/\sum_{i=1}^{n}(w_{corri}/d_i) \quad (4)$$

Показатель преломления многокомпонентной смеси $n_{см}$ рассчитывался на основе показателей преломления индивидуальных компонентов n_i и их объемных долей v_i в смеси (5):

$$n_{см} = \sum_{i=1}^{n}(n_i \cdot v_i) \quad (5)$$

Траектория/рефрактоденса *sR-RI* процесса каталитического риформинга по данным Таблицы 2 показана на Рис. 3.

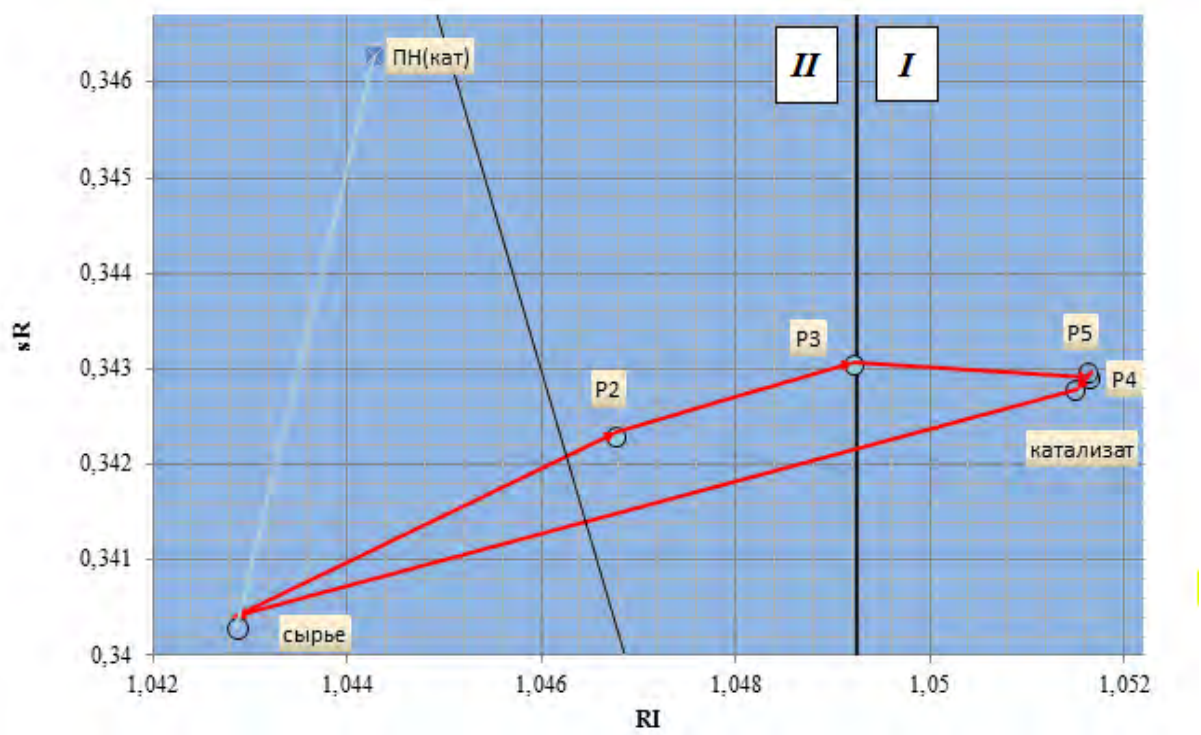


Рис. 3. Траектория процесса каталитического риформинга на рефракто-денсиметрической идентификационной карте.

Показанная на диаграмме линия изменения состава парафино-нафтеновой части (ПН) катализата построена на основе хроматографических данных. Можно видеть, что пореакторная траектория процесса риформинга (Р-2, Р-3, Р-4) и догидрирования (Р-5) представляет собой ломаную линию. Основное повышение доли ароматического компонента наблюдается после реакторов Р-3 и Р-4. Рефракто-денсиметрическая степень конверсии сырья может быть рассчитана по ур. (1) или в упрощенном варианте по интерцептам рефракции сырья, промежуточных продуктов и стабильного катализата.

Литература

1. Николаев, В.Ф., Романова, У.Г., Табрисов, И.И. и др. Визуализация группового состава светлых нефтепродуктов и жидких продуктов органического синтеза // Вестн. технол. ун-та. – 2015. – Т. 18, № 22. – С. 43-46.

2. Использование рефракто-денсиметрического метода контроля вторичных процессов переработки нефти: гидроочистка и гидрокрекинг / В.Ф. Николаев, Р.К. Нургалиев, Н.Д. Залальтдинова, И.О. Вячкилева, О.О. Колоненкова, Р.Б. Султанова // Уч. записки Казанск. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2019. – Т.4, № 161. – С. 607-619.

3. ТУ 2483-077-05766801-98. Неонолы. Технические условия.

4. Баннов, П.Г. Процессы переработки нефти. – М.: ЦНИИ Энефтехим, 2000. – 224 с.

Механические методы очистки сточных вод

Д.С. Алмакова,
студентка 2 курса,
Е.А. Беловодский,
ассистент;
кафедра промышленной экологии,
Химико-технологического института Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
e-mail: darya.almakova@yandex.ru

Аннотация. *В статье выявлены основные источники сточных вод, проведена оценка степени их загрязнения. Приведены предельно допустимые концентрации очищенных сточных вод. Рассмотрена важность механической очистки сточных вод. Показаны виды механической очистки.*
Ключевые слова: *СанПиН, качество, сточные воды, механическая очистка, методы.*

Mechanical methods of sewage treatment

D.S. Almakova,
2nd year student,
E.A. Belovodsky,
senior lecturer;
Department of Industrial Ecology, Chemical-Technological Institute, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract. *The article identifies the main sources of sewage and assesses the degree of their pollution. The maximum permissible concentration of treated sewage is given here. The importance of mechanical sewage treatment is considered in the article. The types of mechanical cleaning are shown.*
Keywords: *SanPiN, quality, waste water, mechanical treatment, methods.*

В настоящее время бурно развивается промышленность (металлургическая, нефтеперерабатывающая, химическая, горнодобывающая), сельское хозяйство, транспортная инфраструктура, поэтому очистка сточных вод является одной из актуальных проблем наших дней. Необходимость очистки сточных вод от различных загрязнений возникает, если их качество не соответствует общепринятым регламентированным требованиям.

Сточные воды (СВ) – это пресные воды, которые в результате различной антропогенной деятельности меняют свои физические, химические и биологические свойства. В зависимости от происхождения они делятся на: 1) городские; 2) промышленные; 3) поверхностные; 4) сельскохозяйственные.

Городские сточные воды – это воды, образующиеся в результате бытовой деятельности человека (в жилых домах, административных помещениях), поступающие в водоотводящую сеть от различных санитарных объектов. Они содержат минеральные и органические загрязнители.

Промышленные сточные воды – это воды, образующиеся при производстве различных видов продукции и сырья на заводах, фабриках, комбинатах.

Поверхностные сточные воды – это воды, образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков, таяния снега на территории промышленных предприятий, жилых домов.

Сельскохозяйственные стоки – это воды, содержащие смытые частицы почвы, биогены, входящие в состав удобрений, пестициды (средства для защиты от сорняков, паразитов, насекомых), помет животных и различные бактерии.

Все сточные воды сбрасывают в близлежащие водные объекты, но перед этим проходят очистку. В водные объекты сбрасываются только те воды, которые соответствуют нормативным документам, таким как СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», СанПиН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнений». Некоторые показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) для очищенных сточных вод приведены в Таблице 1.

Таблица 1. ПДК для очищенных сточных вод

Загрязняющее вещество	ПДК
pH	6,5-8,5
Взвешенные вещества	10 (мл/л)
Аммиак	0,05 (мл/л)
Азот аммонийный	0,5(мл/л)
Нитраты (NO3)	40(мл/л)
Нитриты (NO2)	0,08(мл/л)
Сульфаты	100(мл/л)
Сульфиты	1,9(мл/л)
Фториды	0,75(мл/л)
Хлориды	300(мл/л)
Фториды	0,75 (мл/л)
Фосфат-ион	0,2 (мл/л)
СПАВ	0,5 (мл/л)
Нефтепродукты	0,05 (мл/л)

Одними из загрязняющих веществ являются взвешенные вещества. Если их концентрация превышает ПДК, то сточные воды проходят механическую очистку.

Механическая очистка сточных вод – это технологический процесс очистки сточных вод механическими и физическими методами. Она применяется с целью выделения из стоков нерастворенных минеральных веществ и различного рода мусора.

Механическая очистка сточных вод от твердых частиц в зависимости от их свойств, концентрации, фракционного состава осуществляется методами:

1) процеживание через механизированные решетки;
2) отстаивание (вертикальные отстойники);
3) бензомаслоотделители и нефтеловушки;
4) очистка в гидроциклонах;
5) песколовки – мембранные ловушки;
6) центрифуги;
7) фильтрация;
8) микрофильтрация.

Теперь более подробно рассмотрим каждый из них.

Процеживание – это самый простой метод очистки. Он заключается в том, что сточные воды проходят через решетки и сита, которые задерживают крупные частицы различного рода, размером 25 мм и более.

Решетки периодически очищаются с помощью вертикальных и поворотных граблей. Отбросы с решеток сначала измельчаются, а потом перерабатываются с остатками очистных сооружений или вывозятся в места обработки твердых бытовых и промышленных отходов. Средний размер измельчения не превышает 10 мм.

Отстаивание – это процесс осаждения твердых частиц в воде. Для отстаивания используются отстойники, в них твердые частицы оседают. Частицы, у которых плотность больше чем у воды, осаждаются, а у которых меньше – всплывают. В отстойниках из сточных вод удаляются частицы размерами менее 0,25 мм.

Бывают вертикальные, горизонтальные и радиальные отстойники. В горизонтальных – вода движется горизонтально (Рис. 1, а), в вертикальных – снизу вверх (Рис. 1, б), а в радиальных – от центра к стенкам отстойника.

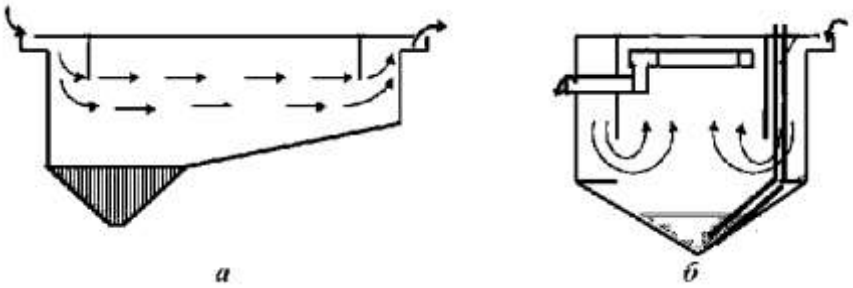


Рис. 1. Схема отстойников: а – горизонтальный, б – вертикальный.

Горизонтальный отстойник – это прямоугольный железобетонный резервуар, разделенный перегородками на несколько отсеков. Ширина коридора 3-6 м, глубина – 1,5-4 м, длина должна превышать его глубину

в 8-12 раз. В нем происходит осаждение частиц за счет резкого снижения скорости движения воды. Осадок сгребается скребковым механизмом, а потом удаляется насосами.

Вертикальный отстойник – это круглый или квадратный железобетонный резервуар с коническим (пирамидальным) днищем. Диаметр – 4-9 м, глубина – 7 м.

Радиальный отстойник – это круглый железобетонный резервуар большего диаметра и малой глубины. Диаметр 18-60 м, глубина – 1,5-5 м. Выпавший осадок сгребается к центру отстойника.

Независимо от вида в них образуются три слоя: 1) верхний – слой, состоящий из частиц с низкой плотностью; 2) средний – вода; 3) нижний – слой, состоящий из осажденных частиц с большей плотностью, чем у воды.

Очистительный процесс в отстойниках происходит без гидролиза и загнивания, а также последующего загрязнения растворившимися частицами. Осажденные частицы удаляют с помощью насосов и обеззараживают.

Бензомаслоотделители и нефтеловушки – это отстойники с тонкослойными модулями. Для удаления нефти, масел, используют специальные отстойники, в которых установлены пластины из специального материала, способного притягивать к себе взвешенные фракции нефти, масел и жира.

Отстаивание в них проходит по тому же принципу, что и в обычных отстойниках. Частицы жира масел нефтепродуктов всплывают и попадают в нефтемаслоуловители. Бензомаслоотделители и нефтеловушки бывают горизонтальные и вертикальные.

В горизонтальных нефтеловушках принцип действия такой же, как и в горизонтальных отстойниках. Нефтепродукты, накопленные в уловителях отводятся с помощью нефтесборной щелевой трубы, а осадок удаляется насосами. В свою очередь они подразделяются на радиальные и тонкослойные.

Основное отличие радиальных нефтеловушек в том, что в них присутствуют скребковые механизмы, которые сгребают загрязнители в места отвода. В тонкослойных или многоярусных зона отстаивания разделена пластинами, которые образуют блоки.

Вертикальные бензомаслотделители – это небольшие резервуары цилиндрической формы. Основной очищающий элемент – коалисцентный модуль (Рис. 2).

В зависимости от вида установки они делятся на: 1) напорные – жидкость движется за счет насосов; 2) самотечные – вода течет из-за разности высот между выпускными и впускными отверстиями; 3) накопительные – жидкость накапливается в резервуарах, после чего происходит очистку от нефтепродуктов, масел и жиров.

Гидроциклон – это аппарат для очистки воды от примесей с помощью центробежных сил. Используется для очистки от нефтепродуктов и минеральных частиц. По типу конструкции они бывают напорные и безнапорные.

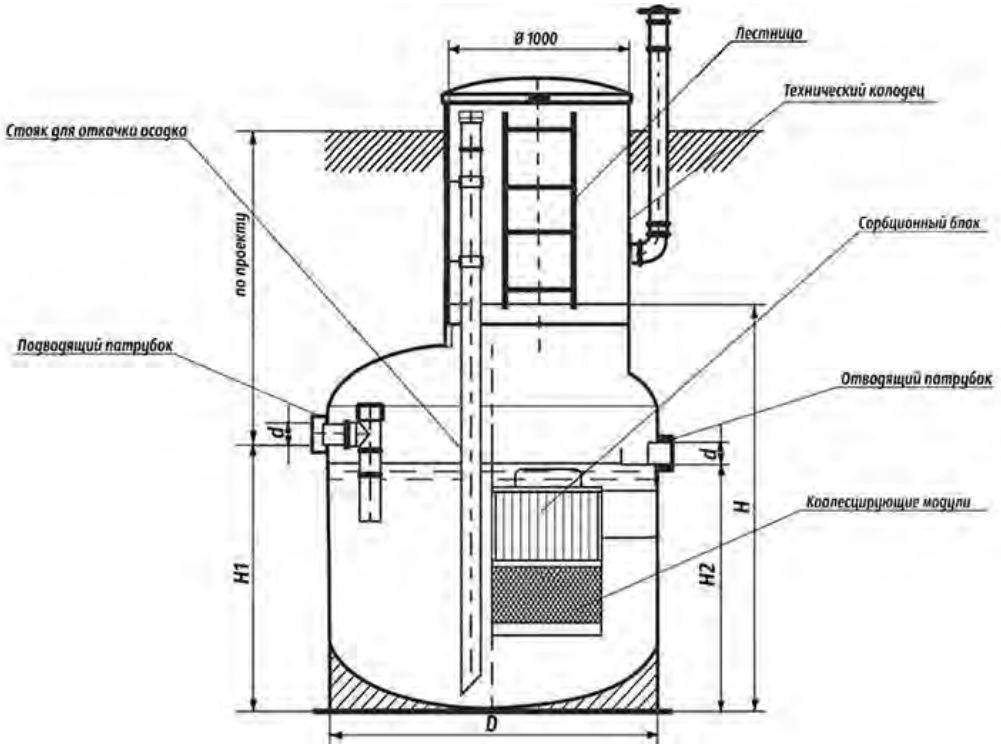


Рис. 2. Схема вертикальной нефтеловушки.

Напорные гидроциклоны – это закрытый аппарат, состоящий из центральной части и конического днища (Рис. 3). Центральная часть имеет цилиндрическую форму.

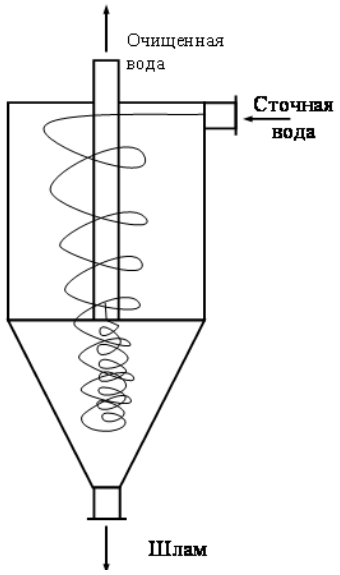


Рис. 3. Схема напорного гидроциклона.

Безнапорные – используются для отделения легких фракций нефтепродуктов и растворов (Рис. 4). Они отличаются открытой конструкцией, а отвод осажденных частиц осуществляется так же, как и в напорных. Отвод очищенной воды осуществляется с помощью системы приливных лотков, находящихся в верхней части корпуса.

Вода в гидроциклоны поступает сверху и движется по спирали вниз. Она создает центробежные силы, которые выталкивают очищенную воду в отверстия наверху. Осажденные частицы отводятся в коническое днище, после чего поступают в сборочный бункер.

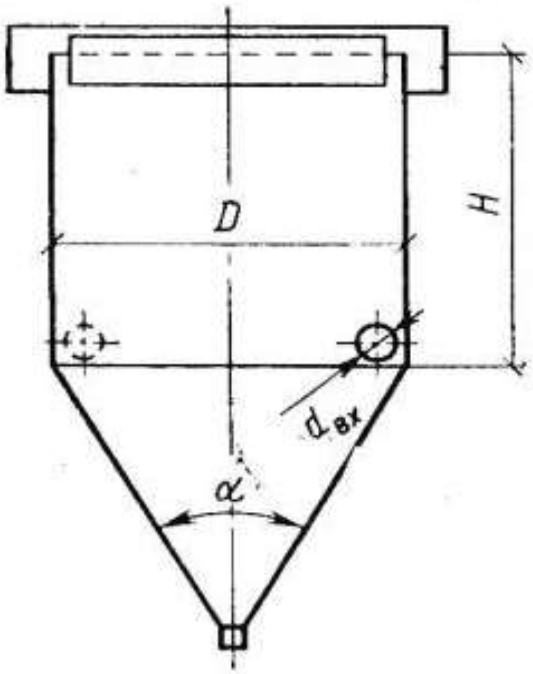


Рис. 4. Схема безнапорного гидроциклона.

Песколовки – это сооружение, предназначенное для очистки от мелких тяжелых минеральных частиц, таких как песок, шлак, битое стекло. Они бывают нескольких типов: горизонтальные, вертикальные и аэрируемые.

В горизонтальных и вертикальных песколовках принцип работы такой же, как и в отстойниках. В аэрируемых песколовках крупные частицы осаждаются, а мелкие обволакиваются пузырьками воздуха и всплывают на поверхность. Всплывшие частицы соскребают с поверхности воды с помощью скребковых механизмов, далее они утилизируются.

Центрифугирование – этот метод по принципу схож с очисткой с помощью гидроциклона. Отличием этого метода является то, что центробежные силы создаются корпусом центрифуги, а в гидроциклонах движением воды по спирали. Этот процесс – очень энергоемкий. Поэтому он используется только, когда необходимо сохранить осажденные частицы и когда состав воды мелкодисперсный. Различают два вида: центробежное осаждение и фильтрование.

Центробежное осаждение – это центрифугирование, при котором частицы осаждаются на внутренней поверхности сплошной стенки центрифуги (Рис. 5).

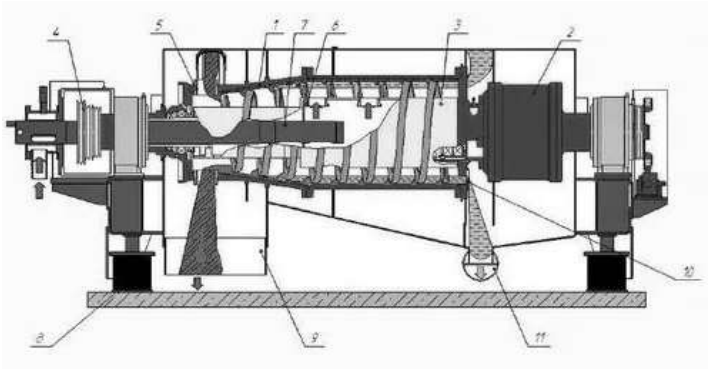


Рис. 5. Схема осадительной центрифуги.

При центробежном фильтровании вода проходит через перфорированные стенки, в результате чего образуется осадок, который впоследствии отжима жидкости уплотняется, этот процесс очень схож с обычным фильтрованием (Рис. 6).

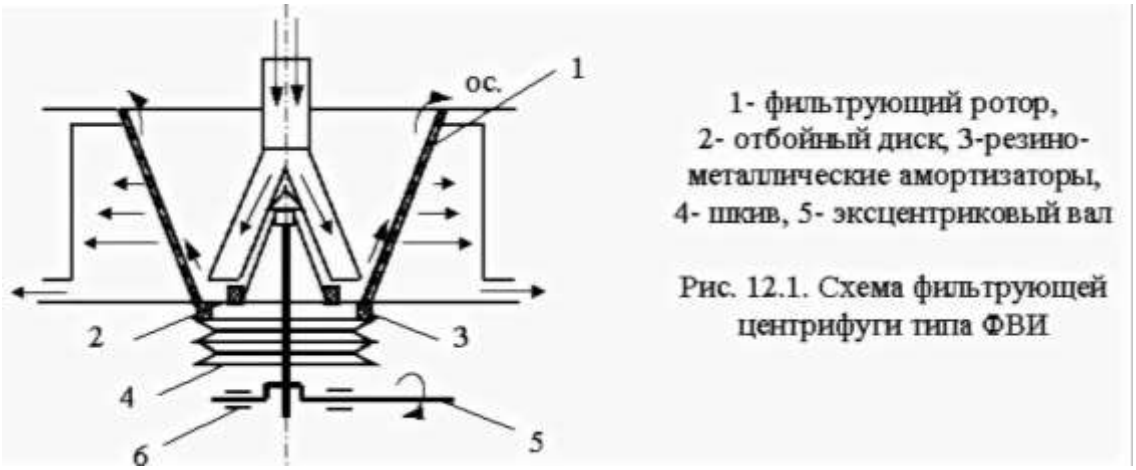


Рис. 6. Схема фильтрующей центрифуги.

Фильтрация – это процесс очистки воды от мелкодисперсных твердых частиц с низкой концентрацией, с помощью различных фильтров и систем перегородок (Рис. 7). Фильтры могут быть сделаны из пенополиуритана, полистирола, синтетики, кварцевого песка, керамзита, бурого угля. Они представляют собой однослойные (многослойные) насадки пористых несвязанных материалов (кварцевый песок, гравий).

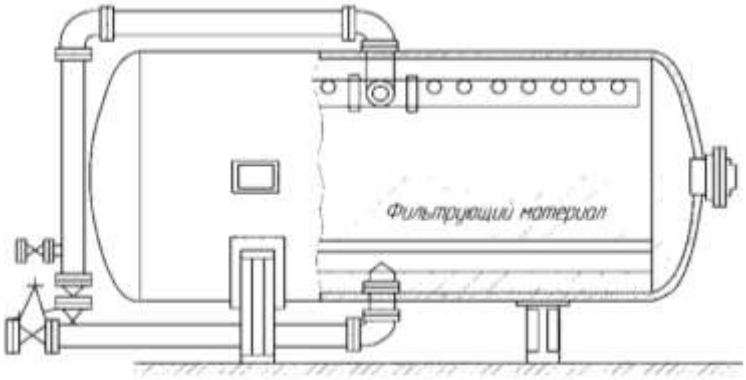


Рис. 7. Схема механического горизонтального фильтра.

Фильтрация бывает двух видов. Если частицы остаются на поверхности фильтра, то такой тип называется поверхностным (осадочным). Если частицы проходят внутрь материала фильтра, то объемным (фильтрацией в объеме).

Микрофильтрация – это способ очистки воды от самых мелких частиц. С помощью этого метода можно отфильтровать частицы размером от 0,1-1мм. Микрофильтры или мембраны способны удерживать мельчайшие частицы полимеров, керамических остатков, стекла и металла.

Можем сделать вывод – в связи с развитием промышленности, ростом городов, численности населения увеличивается потребление водных ресурсов; следовательно – увеличиваются объемы сточных вод. Именно поэтому большое значение имеет усовершенствование методов очистки вод, что предотвращает загрязнение окружающей среды, так как сточные воды сбрасываются в близлежащие водные объекты (пруды, озера, реки). Если не очищать сточные воды, то при сбросе их в реки и озера они будут наносить непоправимый вред фауне. Это приведет к гибели популяций рыб, земноводных и к негативному воздействию на организм человека, так как на этих водоемах люди купаются, ловят рыбу, пасут домашнюю птицу.

Существует много способов очистки сточных вод, но самый дешевый и простой из них это механическая очистка. А в свою очередь она подразделяется еще на несколько видов, каждый из которых эффективен в удалении тех или иных частиц различных размеров.

Каждый из нас может улучшить качество сточных вод, тем самым предотвратить загрязнение окружающей среды. Одним из способов является уменьшение загрязнения вод взвешенными веществами и мусором, для этого можно устанавливать фильтры механической очистки.

Литература

1. Панин, В.Ф., Сечин, А.И., Федосова, В.Д. Экология: общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления Глобального экологического кризиса; обзор современных принципов и методов защиты биосферы: Учебник для вузов. Под ред. В.Ф. Панина. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 327 с.

2. Что такое сточные воды – определение, виды, способы очистки. [Электронный ресурс] //URL:https://acs-nnov.ru/stochnye-vody.html(дата обращения: 15.02.2021).

3. Виды сточных вод. [Электронный ресурс] //URL: https://studopedia.su/9_94598_vidi-stochnih-vod.html (дата обращения: 16.02.2021).

4. Нормативы сброса сточных вод в водоемы рыбхозяйственного назначения, компания «Waterman». [Электронный ресурс] //URL: http://water2you.ru/n-docs/normativy-sbrosa-stochnykh-vod-v-vodoyemy-rybokhozyaystvennogo-naznacheniya/ (дата обращения: 17.02.2021).

5. Методы очистки сточных вод. Использование оборудования для обработки сточных вод разными методами [Электронный ресурс] //URL: https://prof-vodochistka.ru/materials/metody-ochistki-stokov (дата обращения: 19.02.2021).

6. Конспект лекций по учебной дисциплине «Теоретические основы защиты окружающей среды» Министерство образования и науки Российской Федерации. [Электронный ресурс] //URL: http://rudocs.exdat.com/docs/index-54739.html?page=6#1 (дата обращения: 22.02.2021).

7. Механическая очистка сточных вод современные методы. [Электронный ресурс] //URL: http://global-aqua.ru/ochistka-stochnykh-vod/ mekhanicheskaya-ochistka-stochnykh-vod.html (дата обращения: 23.02.2021).

8. Процеживание. [Электронный ресурс] //URL: https://ru-ecology. info/term/15666/ (дата обращения: 24.02.2021).

9. Отстойники для сточных вод. [Электронный ресурс] //URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/03700_ochistka_vodi/002_Metody_ochistki_prirodnykh_i_stochnykh_vod/008.htm(дата обращения: 25.02.2021).

10. Нефтеловушка: что это такое, каков принцип работы нефтеуловителя при очистке сточных и производственных вод, цена, а также чертеж и схема устройства. [Электронный ресурс] //URL: https://o-vode.net/ochistka/stochnye/ neftelovushka (дата обращения: 26.02.2021).

11. Гидроциклоны для очистки воды от песка и других крупных примесей: что это за устройства, принцип их действия и критерии выбора. [Электронный ресурс] //URL: https://o-vode.net/ochistka/gidrotsiklony#i-2 (дата обращения: 01.03.2021).

12. Песколовки для очистки сточных вод – что это, виды и характеристики уловителей песка, цена. [Электронный ресурс] //URL: https://howseptik.com/vodostok/peskolovki-dlya-ochistki-stochnyx-vod.html (дата обращения: 03.03.2021).

13. Центрифуги и сепараторы для очистки сточных вод. [Электронный ресурс] //URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/03700_ochistka_vodi/002_Metody_ochistki_prirodnykh_i_stochnykh_vod/011.htm (дата обращения: 02.03.2021).

14. Фильтрация сточных вод, типы фильтров и методы очистки в 2020 году. [Электронный ресурс] //URL: https://www.kanalizaciya-stroy.ru/filtracia. html (дата обращения: 04.03.2021).

15. Микрофильтрация – Очистка сточных вод от металлов и их солей. [Электронный ресурс] //URL: https://vuzlit.ru/1180904/mikrofiltratsiya (дата обращения: 05.03.2021).

Технологические методы очистки сточных вод от соединений азота и фосфора

Д.А. Шамраева,
студентка 2 курса,
Е.А. Беловодский,
ассистент;
кафедра промышленной экологии
Химико-технологического института Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
e-mail: darya.shamraewa83@gmail.com

Аннотация. *В статье рассмотрены технологические методы очистки промышленных сточных вод от соединений азота и фосфора. Выявлены причины попадания биогенных элементов в сточные воды и вред, который они причиняют окружающей среде. Указаны нормативные концентрации веществ, содержащих данные элементы. Рассмотрены технологии физико-химического, биологического, а также совместного удаления биогенов из сточных вод. В статье говорится об эффективности и рациональности использования некоторых приведенных методов очистки.*
Ключевые слова: *биогенные элементы, эвтрофикация, очистка, сточные воды, загрязнение, нормирование.*

Technological methods of sewage treatment from nitrogen and phosphorus compounds

D.A. Shamraeva,
2nd year student,
E.A. Belovodsky,
senior lecturer;
Department of Industrial Ecology, Chemical-Technological Institute, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract. *The article discusses the technological methods of industrial sewage treatment from nitrogen and phosphorus compounds. The reasons for the ingress of nutrients into sewage and the harm they cause to the environment have been identified. Standard concentrations of substances containing these elements are given here. The technologies of physical and chemical, biological, as well as joint removal of nutrients from sewage are considered. The article talks about the efficiency and rationality of using some of the above purification methods.*
Keywords: *nutrients, eutrophication, treatment, sewage, pollution, regulation.*

Введение

Сточные воды – это атмосферные воды и осадки, загрязненные в результате хозяйственной и производственной деятельности человека. К ним относятся талые, дождевые воды, воды, сбрасываемые с промышленных предприятий и населенных мест, а также воды от полива аграрных участков, которые самотеком или посредством впитывания в грунты попадают в водоемы, загрязняя их биогенными элементами. Биогенные элементы – это элементы, входящие в состав живых существ и выполняющие определенные функции. К ним можно отнести водород, кислород, азот, углерод, фосфор и серу. Но наибольшую угрозу для водоемов представляют именно соединения азота и фосфора. В окружающей нас природной среде практически не осталось источников пресной воды, не загрязненных продуктами жизнедеятельности человека. Поэтому очень важно максимально снизить содержание загрязняющих веществ в сточных водах.

Соединения азота и фосфора в сточных водах фиксируется всегда, но многократное сбрасывание в водоемы загрязненных вод, содержащих данные элементы, концентрация которых в водах превышает их допустимые нормы, ведет к накоплению биогенов, и, как следствие, к ухудшению органолептических свойств воды, а в дальнейшем к эвтрофикации водоемов. Эвтрофикация – это повышение уровня первичной продуктивности водоемов, приводящее к цветению вод. Происходит нарушение процессов саморегуляции в биоценозах. В них начинают доминировать виды, наиболее приспособленные к изменившимся условиям. Биомасса бактерио- и фитопланктона возрастает до 200-500 г/м^3, тогда как в норме она составляет 0,1-0,4 г/м^3. В результате повышенная продуктивность растительности ограничивает попадание солнечных лучей в нижние слои водоема. Это, в свою очередь, препятствует фотосинтезу надонных растений и вызывает гибель гидробионтов вследствие дефицита кислорода. Также к дефициту кислорода ведет потребление его образовавшимся избытком биоты и окисление водных организмов при их отмирании.

Основными источниками попадания ионов фосфора в водоемы являются хозяйственно-бытовые сточные воды. В данных водах фосфор является неотъемлемой частью. Самые распространенные формы фосфора, присутствующие в сточных водах – это органические соединения, ортофосфаты и полифосфаты. Основными источниками поступления в водоемы ионов азота являются производственные сточные воды (сточные воды пищевой, химической промышленности), хозяйственно-бытовые, воды, поступающие с животноводческих ферм. Азот поступает в воду в основном в качестве нитратов, нитритов, аммонийного азота и азота, связанного в органических соединениях.

Если водный объект является застойным и находится в жаркой местности, попадание биогенных элементов ведет к абсолютной эвтрофикации. Чтобы избежать данного явления следует свести к минимуму содержание

N и P при сбросе их в водоем. Для этого крайне важно подобрать оптимальную очистную установку. Вопрос удаления биогенных веществ из сточных вод в наибольшей степени отвечает задачам улучшения экологического состояния природных водоемов. Оборудование для снижения вышеперечисленных элементов подбирается с учетом типа и расхода стоков, а также составляющих данных соединений.

1.Нормирование качества сточных вод

Из-за неблагоприятного воздействия сточных вод на водоемы в мире появилась необходимость нормирования содержания биогенных веществ. Во всех странах предельно допустимые концентрации данных веществ являются различными. В России уровень ПДК загрязняющих веществ в сточных водах регламентируют ГН 2.1.5.1315-03 [9], а также СанПиН 4630-88 [10]. По действующим нормам при сбросе сточных вод в водоемы культурно-бытового водопользования концентрация аммиака не должна превышать 2 мг/л, концентрация нитратов – 45 мг/л, концентрация нитритов – 3,3 мг/л, концентрация сульфата аммония – 1 мг/л, концентрация фосфора элементарного – 0,0001 мг/л, концентрация полифосфата – 3,5 мг/л. Большинство водоемов Российской Федерации объявлены водоемами рыбохозяйственного водопользования, для которых концентрации биогенных элементов ниже, чем для вод культурно-бытового водопользования. Поэтому санитарные органы требуют от очистных сооружений обязательного соблюдения таких концентраций: для аммиака – 0,05 мг/л; для иона аммония – 0,5 мг/л; для нитратов – 40 мг/л; для нитритов – 0,08 мг/л; для фосфатов 0,05 мг/л; для полифосфатов – 3 мг/л. Эти показатели регламентируются Перечнем рыбохозяйственных нормативов: ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное назначение [8]. В последней редакции Норм введены также допустимые концентрации фосфатов для водоемов различного уровня трофности. Для олиготрофных водоемов уровень фосфатов не должен превышать 0,05 мг/л, для мезотрофных – 0,15 мг/л, а для эвтотрофных – 0,2 мг/л.

2. Очистка сточных вод от соединений азота

2.1. Физико-химические методы очистки сточных вод от соединений азота

Рассмотрим самые распространенные физико-химические методы очистки сточных вод от соединений азота.

1. *Электрохимический метод*. Для осуществления данного метода проводят электролиз 20%-ной морской воды. Его результатом является выделение гидроксида магния ($Mg(OH)_2$), вступающего в реакцию с содержащимися в сточных водах ионами фосфора и аммиаком. В результате реакции выпадает осадок. А из-за выделения на аноде хлора происходит

обеззараживание сточных вод и частичное окисление органических веществ. В качестве катода используют сталь, а в качестве анода – пластинчатый графит. Электролиз необходимо проводить при напряжении 7В для достижения наибольшей эффективности. Сухой остаток возможно использовать в качестве удобрений.

2. *Метод хлорирования активным хлором*. Метод основан на химической реакции, происходящей при добавлении хлора к воде. В результате образуются 2 кислоты: HClO и HCl. Аммиак вступает в химическую реакцию с хлорноватистой кислотой (HClO), образуя хлорамины. Далее добавляют активный хлор, превращающий хлорамины в закись азота, которая улетучивается в атмосферу.

3. *Ионный метод*. Ионный обмен – это обратимая химическая реакция, при которой происходит обмен ионами между ионитом и раствором электролита. Применяется для обеспечения постоянно очень низкой концентрации азота в воде после очистки. Метод основан на процессах сорбции. Для использования данного метода необходимы материалы, обладающие высокой избирательной способностью по отношению к азоту. В качестве такого материала можно использовать клиноптилолит. Перед процессом катионного обмена необходимо провести предварительную обработку сточных вод. Для очистки сточных вод при концентрации аммиака не выше 150 мг/л используют цеолиты с фракцией 0,25-0,5 мм. В качестве сорбента для удаления аммонийного азота может быть применен коксовый шлак или угольные золы.

4. *Метод отдувки аммиака*. Метод основан на подавлении диссоциации гидроксида аммония в сильнощелочной среде (pH = 10,5-11), полученной добавлением извести в сточные воды. В результате образуется газообразный аммиак. Обработанная вода попадает в сооружение типа градирен, которые заполнены насадками для увеличения площади аэрируемой поверхности. При этом средний расход воздуха составляет 2500*4000 $м^3$/л. Но, в результате, образуется аммиак, загрязняющий атмосферу, от которого можно избавиться пропусканием воздуха через раствор серной кислоты или же поглощением с помощью воды.

2.2.Биологическая очистка сточных вод от соединений азота

Биологическая очистка производственных сточных вод применяется для удаления из воды растворенных органических веществ, в состав которых входит азот. Удаление из сточных вот азота основано на процессах *нитрификации* и *денитрификации*.

В неочищенных сточных водах основная масса азота находится в виде аммонийного азота. Поэтому для начала должен пройти процесс аммонификации – процесс образования иона аммония из органических соединений. Он осуществляется ферментами, продуцируемыми микроорганизмами.

Процесс *нитрификации* протекает в 2 стадии:

- окисление аммиака до нитритов;
- окисление азотистой кислоты от нитритов до нитратов.

При достаточном количестве нитрифицирующих бактерий в активном иле (зависит от температуры и возраста ила) аммонийный азот окисляется сначала до нитритного, а затем до нитратного. Процесс называется нитрификацией и осуществляется только в аэробных условиях. Он осуществляется весьма ограниченным количеством видов микроорганизмов и идет в 2 стадии. На первой стадии преобразования учувствуют бактерии вида Nitromonas, а на второй – бактерии вида Nitrobacter. Помимо концентрации субстрата и температуры на скорость реакции в аэротенке влияет содержание растворенного кислорода, так как бактерии-нитрификаторы являются облигатными аэробными микроорганизмами. Активный ил содержит только около 2% таких бактерий. Уравнение окисления аммонийного азота имеет следующий вид (1 стадия):

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + H^+.$$

На второй стадии нитрификации происходит окисление нитритного азота в нитратный. Уравнение процесса:

$$NO_2^- + 0.502\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + H^+.$$

Продукты нитрификации не безопасны, так как нитриты являются токсическими веществами и оказывают пагубное воздействие на здоровье человека. Также в ходе реакции выделяется кислота, понижающая pH воды. Снижение pH вызывает ингибирование процесса нитрификации. Для того, чтобы поддерживать нейтральную реакцию среды, обычно добавляют известь.

Полученный в результате нитрификации нитратный азот может быть преобразован в свободный азот, который отдувается при аэрировании в атмосферу. Процесс называется *денитрификацией* и может быть описан следующим образом:

$$NO_3^- + 6CH_3OH \rightarrow N_2 + 5/6\ CO_2 + 7/6\ H_2O + OH^-.$$

Денитрифицирующими бактериями являются гетеротрофные организмы, которые в качестве углеродного питания используют органические вещества. Однако использование кислорода в качестве окислителя для микроорганизмов предпочтительнее, чем использование нитратов, поскольку при кислородном окислении высвобождается большее количество энергии. Поэтому этот процесс происходит только в анаэробных условиях. Способностью осуществлять денитрификацию обладают разные роды бактерий сточной воды: Achromobater, Aerobater, Alkaligenes, Balicus, Flavobacterium, Micrococcus, Proteus, Psedomonas и др. В процессе денитрификации pH среды увеличивается, так как образовавшаяся щелочь нейтрализует половину кислоты, выделившуюся при нитрификации. Кроме того, колоссальное значение имеет состав органических соединений, так как при использовании легко окисляемых соединений скорость процесса возрастает. Эффективнее всего использование этанола и ацетата в

качестве источника углерода. Но не всегда это возможно, так как на выбор источника углерода влияет его цена и конструкция очистного сооружения. Для удовлетворительного процесса денитрификации в сточных водах должно присутствовать достаточное количество органических соединений. Также вода должна пройти предварительную очистку, к примеру, первичное отстаивание.

3. Очистка сточных вод от соединений фосфора
3.1 Физико-химические методы очистки сточных вод от соединений фосфора

Физико-химические методы очистки сточных вод от фосфатов чаще всего применяются на стадии доочистки.

1. *Метод электрокоагуляционной очистки*. Обеспечивает полное удаление фосфора из сточной воды. Обычно используют алюминиевые и железные электроды. Суть данного метода состоит в том, что ионы Fe^{3+}, или Al^{3+}, необходимые для осаждения фосфатов, выделяются в водную среду при растворении под действием электрического тока алюминиевых анодов или стали. Происходит образование мелкодисперсного коллоидного осадка фосфора. В это же время реагент вступает в реакцию со щелочами, находящимися в сточной воде, образуя осадок из хлопьев. Эти хлопья вызывают коагуляцию образовавшегося коллоидного осадка фосфата и взвешенных веществ, а также адсорбируют некоторую часть органических соединений, содержащих фосфор. Далее этот осадок выводится из системы. Метод электрокоагуляционной очистки применяется при обработке небольших объемов сточных вод.

2. *Адсорбция*. Метод заключается в поглощении фосфора поверхностью сорбента. Сорбент может быть приготовлен из:

- гранулированного Al_2O_3;
- нанесенных на волокнистый материал активированных оксидов третьей и четвертой групп металлов.

Высокой адсорбционной способностью по отношению к соединениям фосфора обладает доломит. С его помощью происходит изъятие более 95% фосфора.

3. *Метод кристаллизации*. Этим методом можно вырастить кристаллы фосфатов в сточных водах на центрах кристаллизации с последующим удалением из системы. Кристаллизация осуществляется на фильтрах или во взвешенном слое. В качестве затравочного материала обычно используют шлак доменных печей, минералы, костяной уголь.

Существует метод, дающий возможность одновременного удаления азота и фосфора. Он основан на химическом взаимодействии ионов магния с фосфатами в аммиачной среде. В результате образуются нерастворимые кристаллические соли фосфата магния-аммония. Химизм метода имеет следующий вид:

$PO_4^{3-} + NH_4^- + Mg^{2+} \rightarrow MgNH_4PO_4$.

Эффективность изъятия фосфора составляет 80-90%.

4. *Метод удаления фосфатов в магнитном поле*. Суть метода состоит в том, что в сточные воды вводят реагент, который образует нерастворимые соединения с фосфатами. После этого добавляют магнитный материал и выводят осадок под действием магнитного поля. В качестве реагента может быть использована известь, соли Fe и Al, а в качестве магнитного материала – порошок Fe_2O_3.

Физико-химические методы не находят широкого практического применения в связи с высокими затратами, необходимыми на осуществление процессов, и сложностью эксплуатации.

3.2.Биологическая очистка сточных вод от соединений фосфора

Биологическая очистка сточных вод от фосфатов основана на том, что потребление их сверх нормального уровня вызывается у факультативных аэробов их предварительным стрессированием в анаэробных условиях.

Фосфорнакапливающими микроорганизмами являются гетеротрофы, приспосабливающиеся к аэробным и анаэробным условиям. В аэробных условиях полифосфаты и ортофосфаты усваиваются организмами активного ила, а растворенные формы органического фосфора минерализуются в ортофосфаты.

Некоторые группы бактерий способны накапливать в своих клетках определенные формы фосфора. Так как такие бактерии потребляют фосфора больше, чем им требуется, они накапливают довольно значительное количество его соединений (1-3% сухой массы тела). За счет депонирования полифосфатов в клетках активного ила из сточных вод изымаются растворимые соединения фосфора.

Чем эффективнее нитрификация в аэротенках, тем больше накапливается фосфатов в клетках активного ила и тем больше они его отдадут во вторичных отстойниках. Остальное количество нерастворимых соединений фосфора улавливается активным илом в результате биосорбции, накапливаясь в избыточном активном иле.

Механизм накопления фосфора в клетках бактерий чрезвычайно важен для управления процессом его удаления. Организмы активного ила используют фосфорсодержащие вещества как энергетический резерв, расходуемый в анаэробных условиях. В анаэробных условиях эти бактерии потребляют легкоокисляемые субстраты, что сопровождается деградацией накопленных соединений фосфора. Энергия гидролиза фосфора расходуется на потребление органики и клеточные процессы, которые сопровождаются отдачей фосфора в воду. Результатом успешной анаэробной стадии являют накопления в бактериях органики и стимуляция потребления фосфора в последующей аэробной стадии. Такая очистка, как правило, производится в сочетании с процессами нитрификации и денитрификации.

При проектировании сооружений с биологическим удалением фосфора следует избегать поступления растворенного кислорода и нитратов в потоках поступающей на очистку сточной воды. Также следует предусматривать такую конфигурацию сооружений, при которой технологическая емкость с аэробными условиями находится на завершающей ступени биологической очистки.

4.Очистка сточных вод с совместным удалением биогенных элементов

Для совместного удаления соединений азота и фосфора из сточных вод в основном используют метод очистки свободно плавающим активным илом. Сложность такого удаления состоит в том, что для изъятия азота и фосфора требуются разные условия. К примеру, оптимальный возраст ила, эффективный для очистки вод, для биогенных элементов является различным.

Существует связь между биологическим удалением фосфора и содержанием нитратов. Это является важным положением для развития биореактивов для совместного удаления биогенных элементов.

Наиболее простая схема для одновременного удаления соединений азота и фосфора из сточных вод получила название анаэробно-оксидного процесса, согласно которой возвратный ил перемешивается с поступающими сточными водами и подается в анаэробный реактор, затем сточные воды проходят аэробную очистку и поступают во вторичные отстойники. Это – наиболее простая и дешевая схема удаления соединений азота и фосфора, но ее применение возможно только для сточных вод промышленного состава с высокими нагрузками на активный ил. Для низконагружаемых сооружений устраивается дополнительная аноксидная стадия. Схема А/О предусматривает дефосфотирование с анаэробной зоной.

Следует отметить, что все виды биологических очисток проходят при условии низкой нагрузки по БПК – менее 0,4 г $БПК_5$/(г·сут.). Одноиловые системы биологической очистки могут обеспечить эффективную очистку от азота и фосфора только при определенном соотношении загрязнений в составе сточных вод.

Несмотря на значительный эффект очистки сточных вод с помощью совместного удаления азота и фосфора, качество очищенной воды оказывается недостаточно высоким. При высоких нормативных требованиях к сбросу в водоемы сточных вод, содержащих биогенные элементы, применяют комбинированную схему биологической очистки.

Литература

1. Гогина, Е. С. Удаление биогенных элементов из сточных вод: Монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с.

2. Гудилина, И. // Удаление фосфатов методом электрокоагуляции [Электронный ресурс] // ООО «Номитек» URL: https://nomitech.ru/articles-andblog/udalenie_fosfatov_metodom_elektrokoagulyatsii/ (дата обращения: 22.02.2021).

3. Биологическая очистка сточных вод [Электронный ресурс] // URL: https://o-vode.net/ochistka/stochnye/metody/biologicheskie (дата обращения: 19.02.2021).

4. Биологическое удаление азота при очистке сточных вод [Электронный ресурс] // ООО «Экоинфест» URL: https://www.ecosgroup.com/press/articles/ biologicheskoe-udalenie-azota-pri-ochistke-stochnykh-vod/ (дата обращения: 24.02.2021).

5. Новикова, О.К. Очистка сточных вод от биогенных элементов: учеб.-метод. пособие; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 55 с.

6. Отдувка аммиака воздухом [Электронный ресурс] // URL:https://vodalos.ru/spravochniki-stroitelya/spravochnik-proektirovshika/8/3/2/3 (дата обращения: 17.02.2021).

7. Очистка сточных вод от азота и фосфора [Электронный ресурс] // НПО «Агростройсервис» URL: https://acs-nnov.ru/ochistka-stochnih-vod-ot-azota-i-fosfora.html (дата обращения: 18.02.2021).

8. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное назначение. – М. Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.

9. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03. (С изменениями на 13 июля 2017 года). М., 2003.

10. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 4630-88. Общесоюзные санитарно-гигиенические и санитарно-противоэпидемические правила и нормы. М., 1989.

Инновационные разработки в биотехнологии

Е.О. Бездетко,
студентка 2 курса,
Е.А. Беловодский,
ассистент;
кафедра промышленной экологии
Химико-технологического института Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
e-mail: Elenajjjbelgorod@yandex.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы инновационных разработок в биотехнологической сфере. Рассмотрены различные направления использования этих разработок в горнодобывающей промышленности, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, целлюлозно-бумажной, очистке вод и почв от нефтепродуктов, фармацевтике, а также влиянии на генофонд растений и образовании биомасс с помощью различных штаммов микроорганизмов.*
Ключевые слова: *биотехнология, микробиология, микроорганизмы, биомасса, переработка отходов.*

Innovative developments in biotechnology

E.O. Bezdetko
2nd year student,
E.A. Belovodsky,
senior lecturer;
Department of Industrial Ecology, Chemical-Technological Institute, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract. *The article deals with the issues of innovative developments in the biotechnological field. The various directions of using these developments in the mining industry, agriculture, food industry, pulp and paper, water and soil purification from oil products, pharmaceuticals, as well as the influence on the gene pool of plants and the formation of biomasses using various strains of microorganisms are considered here.*
Keywords: *biotechnology, microbiology, microorganisms, biomass, waste processing.*

Биотехнология – это инновационная, междисциплинарная область, которая затрагивает множество различных секторов, включая сельское хозяйство, ветеринарию, медицину, фармацевтику и производство тонких химических веществ. Она становится одной из ведущих технологий для перехода к безотходному производству и для решения важнейших соци-

альных проблем, включая охрану здоровья, продовольственное и энергетическое обеспечение, а также охрану окружающей среды [1].

Типичными примерами биотехнических материалов являются последовательности ДНК, векторы, вирусы, микроорганизмы и клеточные линии, такие как гибридомы. Другими примерами являются процессы, использующие, например, линию микроорганизмов или клеток и продукты, полученные таким образом.

Стремительное развитие биотехнологии в последнее время внесло огромный вклад в изучение различных дисциплин и направлений, в том числе, в генофонд растений. Применение новых методов замораживающего хранения и методов защиты ДНК в исследованиях быстрого производства, достигли значительных успехов. С этой точки зрения биотехнология является незаменимым средством защиты генофондов растений, которое включает в себя обеспечение устойчивого сельского хозяйства и развития новых видов [2].

Применение биотехнологии было также предложено и широко используется практически во всех секторах горнодобывающей промышленности для добычи и извлечения металлов, а также контроля окружающей среды.

Недавно завершенное исследование в Канаде проанализировало состояние развития биотехнологических процессов в различных секторах промышленности и в разбивке по сырьевым товарам. Были намечены будущие области применения, в которых особое внимание уделяется промышленным процессам извлечения металлов и применениям для экологического контроля [3].

Биотехнология оказала влияние не только на фармацевтическую науку и образование, но и на практику в аптеках. Фармацевтическая биотехнология, фармакогеномика, фармакогенетика, комбинаторная химия в тесной связи с высокопроизводительными технологиями скрининга и биоинформатики. Все они являются крупными достижениями, которые дают новое направление фармацевтическим наукам и образованию. Ведь биотехнология – это интеграция целого ряда научных дисциплин, включая микробиологию, генетику, биохимию и химическую инженерию. Она использует живые организмы, системы или продукты из этих организмов для производства или модификации полезных продуктов. Новая биотехнология включает в себя методы генной инженерии, синтеза протопластов и моноклональных антител, мощные новые «инструменты», предназначенные для создания эффективных биопроцессов и продуктов для фармацевтической промышленности. Выделены следующие области биотехнологии: человеческий инсулин, интерфероны и другие факторы роста, нейроактивные пептиды, препараты крови, антибиотики, ферменты, моноклональные антитела, вакцины и онкогены [4].

За последнее десятилетие произошло значительное улучшение многих процессов, связанных с биотехнологией лигноцеллюлозы. Она является самой распространенной биомассой, доступной на Земле, и привлекает

значительное внимание в качестве альтернативного сырья и энергетического ресурса возобновляемого характера. Потенциальные области применения лигноцеллюлозы – это целлюлозно-бумажная промышленность, производство топливного спирта и химических веществ, белка для пищевых продуктов и кормов с использованием биотехнологических средств [5].

Применение биотехнологии в сельском хозяйстве также является одним из перспективных видов деятельности.

Одним из таких изобретений, относящихся и к сельскому хозяйству, и к экологии, и к биотехнологии, является способ микробиологической переработки птичьего помета с использованием микробиологических культур, разведенных в воде и вносимых в птичий помет. В качестве микробиологических культур используют штамм дрожжей *Candida krusei-96* и пищевые дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Предлагаемый способ микробиологической переработки птичьего помета позволяет упростить и удешевить процесс переработки птичьего помета и получить экологически чистое органическое удобрение. Внесение полученного удобрения в почву положительно влияет на ее агрохимические свойства, а урожайность повышается на 20-30%. В почве возрастает содержание подвижного фосфора (P_2O_5), обменного калия (K_2O), снижается величина гидролитической и обменной кислотности и повышается степень насыщенности ее основаниями [6].

Другое изобретение, относящееся к сельскохозяйственной биотехнологии, в частности к культивированию мицелиарной массы базидиомицета, может быть использовано при производстве жидкого посевного мицелия *Pleurotus oustreatus*. Жидкий мицелий получают путем глубинного культивирования гриба *Pleurotus oustreatus* на питательной среде низкой вязкости с последующим отделением биомассы. Процесс культивирования проводится на жидкой питательной среде, содержащей $MgSO_4$, KH_2PO_4, K_2HPO_4, $MnSO_4$, $ZnSO_4$, пептон сухой ферментативный, крахмал, сукцинат натрия. Использование данного изобретения позволяет обогатить белком корма для животных [7].

Применение биотехнологии в пищевой промышленности тоже получило широкое распространение.

Так, например, из сухого концентрата сывороточного белка получают белковый раствор. Белковый раствор пастеризуют при температуре 85°С с выдержкой 20 секунд и охлаждают, устанавливают pH до показателя 7,5-8,0 путем добавления 5%-ного водного раствора щелочи гидроксида калия. Осуществляют ферментативный гидролиз препаратами *«Protamex»* или *«Alcalase».* Гидролизат ультрафильтруют с получением концентрата и фильтрата до массовой доли сухих веществ в концентрате 20-22%. Гидролизат сгущают на вакуум-выпарной установке, пастеризуют и сушат на распылительной сушилке. Изобретение позволяет получить продукт с повышенной биологической ценностью, сниженной потенциальной аллергенностью, что дает возможность их использования в гипоаллергенных продуктах [8].

Еще одно изобретение, относящееся к клеточной технологии, биотехнологии, пищевой промышленности, представляет собой способ культивирования миобластов *invitro* для получения биомассы миоцитов. В качестве культивируемых клеток используют иммортализованные миобласты животного, клетки выращивают с использованием питательной среды с белками неживотного происхождения, а также содержащей гемоглобин, при этом клетки поддерживают в пролиферативном состоянии с помощью факторов роста фибробластов или гепатоцитов для образования биомассы, а затем вызывают дифференцировку миобластов в миоциты путем удаления из среды факторов роста фибробластов или гепатоцитов, а в случае нормальных по экспрессии миостатина клеток в среду добавляют ингибитор миостатина. Способ может быть использован в пищевой промышленности для создания безопасных мясных пищевых продуктов в масштабных количествах с уменьшенным временем создания таких продуктов [9].

Ключевую роль в биотехнологии играют различные штаммы микроорганизмов. Их используют, в частности, для переработки различных отходов.

Известен способ, включающий удаление неорганических включений, измельчение, смешивание отходов с органической добавкой, содержащей культуру микроорганизмов и компостирование до получения органического удобрения. В качестве органической добавки используют компост отходов на основе птичьего помета и штаммов микроорганизмов *Bacillus subtilis B-168*, *Bacillusmycoides B-691*, *Streptomyces sp.Ac-154*, *Mukorpsychrophilus F-1441*, *Candida utilis Y-2441* в количестве 1·106-1·107 клеток в 1 мл на 1 т птичьего помета. Изобретение позволяет упростить технологический процесс и снизить затраты на переработку бытовых отходов. Решение технической задачи позволяет снизить затраты на переработку бытовых отходов за счет переработки их в больших количествах по экологически безопасной технологии и получить удобрение без дополнительного смешения с другими минеральными удобрениями и микроэлементами [10].

Широко распространены исследования в области очистки микроорганизмами вод и почв, загрязненных нефтепродуктами.

Целью многих проведенных исследований, являются микробиологические анализы широкого спектра проб, отобранных из природных сред, загрязненных нефтепродуктами, с целью выделения и характеристики некоторых углеводородокисляющих бактериальных штаммов, проявляющих деструктивные свойства для нефтепродуктов широкого применения и для некоторых хлорированных гербицидов, относящихся к классу хлорацетанилидов. Благодаря этим метаболическим характеристикам, в том числе повышенной способности к синтезу поверхностно-активных веществ, анализируемые изоляты можно считать представляющими интерес для технологий биоремедиации сред, загрязненных такими соединениями. В то же время изученные изоляты, таксономически относящиеся к родам *Pseudomonas* и *Serratia*, проявляют антагонистические свойства в отношении не-

которых фитопатогенных бактерий, выступая в качестве потенциальных биоконтрольных агентов [11].

Ученые обнаружили ряд культур для биоремедиации вод и почв, выделенных из различных округов России. Среди них: *Rhodococcus sp., Pseudomonas sp.* и *Arthrobacter sp.* из Ханты-Мансийского автономного округа. При внесении в нефтезагрязненную почву данные микроорганизмы интенсивно активируют жизнедеятельность аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры. Среди психротолерантных штаммов-нефтедеструкторов, выделенных из районов Сибири, описывают микроорганизмы рода *Arthrobacter, Bacillus,* дрожжи рода *Yarrowia* [12].

Таким образом, инновационные разработки в биотехнологии играют огромную роль в исследованиях генофонда растений, фармацевтике, горнодобывающей промышленности, целлюлозно-бумажной промышленности, в сельском хозяйстве, в пищевой промышленности, а также в переработке сырья различного происхождения и очистке сточных вод от нефтепродуктов.

Литература

1. Donald K. Martin, Oscar Vicente, TommasoBeccari, MiklósKellermayer, Martin Koller, RatneshLal, Robert S. Marks, IvanaMarova, Adam Mechler, Dana Tapaloaga, PolonaŽnidaršič-Plazl&MunisDundar (2021) A brief overview of global biotechnology, Biotechnology & Biotechnological Equipment, 35:sup1, S5-S14, DOI: 10.1080/13102818.2021.1878933

2. AynurDemir (2015) Possible effect of biotechnology on plant gene pools in Turkey, Biotechnology & Biotechnological Equipment, 29:1, 1-9, DOI: 10.1080/13102818.2014.981368

3. R.W. LAWRENCE, R. POULIN, M. KALIN & G. BÉCHARD (1998) The Potential of Biotechnology in the Mining Industry, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 19:1, 5-23, DOI: 10.1080/08827509608962425

4. Richard, P. Elander (1985) Biotechnology: Present and Future Roles in the Pharmaceutical Industry, Drug Development and Industrial Pharmacy, 11:5, 965-999, DOI: 10.3109/03639048509055593

5. RameshChanderKuhad& Ajay Singh (1993) Lignocellulose Biotechnology: Current and Future Prospects, Critical Reviews in Biotechnology, 13:2, 151-172, DOI: 10.3109/07388559309040630

6. Пат. 2522523 Российская Федерация, МПК C1C05F 11/08 (2006.01) / Способ микробиологической переработки птичьего помета / Тремасов М.Я., Матросова Л.Е., Иванов А.А., Титова В.Ю., Иванов А.В., Тремасова А.М., Семенов Э.И.; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр токсикологической, радиационной и фармако-токсикологической биологической безопасности» (ФГБУ "ФЦТРБ-ВНИВИ"), заявл. 09.01.2013; опубл.: 20.07.2014. Бюл. № 20. – 8 с.

7. Пат. 2498558 Российская Федерация, МПК C2A01G 1/04 (2006.01) / Способ получения жидкого мицелия для использования в обогащении белком кормов для животных / Шестаков А.Г., Золотовский И.О., Маслов В.Н., Новиков С.Г.; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «ОВЛП», заявл. 27.06.2013; опубл.: 20.11.2013. Бюл. № 32. – 5 с.

8. Пат. 2528068 Российская Федерация, МПК C1A23J 3/08 (2006.01) / Способ получения ферментативных сывороточных белков / Просеков А.Ю., Ульрих Е.В., Потураева Н.Л., Королева О.В., Будрик В.Г., Ботина С.Г., Агаркова Е.Ю.; патентообладатель: Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук» (ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии), заявл. 04.04.2013; опубл.: 10.09.2014. Бюл. № 25. – 8 с.

9. Пат. 2506309 Российская Федерация, МПК C2C12N 5/00 (2006.01), A23J 1/02 (2006.01) / Способ культивирования миобластов INVITRO для получения биомассы миоцитов для пищевых целей / Федорова Е.А.; патентообладатель: Федорова Е.А., заявл. 20.09.2013; опубл.: 10.02.2014. Бюл. № 4. – 12 с.

10. Пат. 2445298 Российская Федерация, МПК C1C05F 9/00 (2006.01), C05F 3/00 (2006.01), C05F 11/08 (2006.01), C12N 1/20 (2006.01) / Способ переработки бытовых отходов / Федоров А.Б., Кулагина Е.М., Титова В.Ю.; патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «СКАРАБЕИ», заявл. 23.08.2010; опубл.: 20.03.2012. Бюл. № 8. – 5 с.

11. A. Voicu, M. Stefanescu, C. Petruta Cornea & A. Gheorghe (2009) Microorganisms with Biotechnological Potential Isolated from Natural Environments, Biotechnology & Biotechnological Equipment, 23:sup1, 747-750, DOI: 10.1080/13102818.2009.10818531

12. Плешакова, Е.В. Интродукция нефтеокисляющих микроорганизмов в загрязненную почву: проблемы и перспективы // Известия Саратовского университета. – 2011. – Т. 11. Сер. Химия. Биология. Экология, вып. 2.

Проблемы обеспечения безопасности трудового процесса в области теплоэнергетики

И.О. Николов,
студент 3 курса кафедры энергетики теплотехнологии Института энергетики, информационных технологий и управляющих систем Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова
О.Н. Томаровщенко,
к.т.н., доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Института строительного материаловедения и техносферной безопасности БГТУ им. В.Г. Шухова
e-mail: nikolov2605@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы организации охраны труда в области теплоэнергетики. Приведены основные требования, предъявляемые при осуществлении производственных процессов, при организации проведения работ и другие. Рассмотрены области применения этих правил, необходимые инструкции для проведения работ. Приведены приказы и постановления, связанные с охраной труда. Показано, что для безопасности рабочих и персонала необходимо четкое соблюдение требований по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок.*
Ключевые слова: *охрана труда, тепловые установки, теплоэнергетика, нормы, вредные условия.*

Features of labor protection in heat power engineering

I.O. Nikolov,
3rd year student of Departments of Energy and Heat Technology, Institute of Energy, Information Technologies and Control Systems of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
O.N. Tomarovshchenko,
Ph.D., Associate Professor of the Department of Life Safety Institute of Building Materials Science and Technosphere Safety of V.G. Shukhov BSTU

Abstract. *The article deals with the organization of labor protection in the field of heat power engineering. The basic requirements for the implementation of production processes, for the organization of work and others are given. The areas of application of these rules, the necessary instructions for carrying out the work are considered. Orders and regulations related to labor protection are given. It is shown that for the safety of workers and personnel, strict observance of labor protection requirements during the operation of thermal power plants is necessary.*
Keywords: *labor protection, heating installations, heat power engineering, norms, harmful conditions.*

Теплоэнергетика как отрасль национального хозяйства является важнейшей частью единой топливно-энергетической системы, включающей взаимосвязанные процессы добычи, преобразования, распределения и использования энергоресурсов. Важнейшей целью охраны труда на объектах теплоэнергетики является обеспечение безопасных условий трудового процесса. По официальным данным Ростехнадзора в 2020 г. зафиксировано 18 аварий на объектах электроэнергетики, среди которых: 9 – электрические сети; 5 – ТЭС; 2 – другие производители теплоэнергии; 2 – электрооборудование потребителей [1].

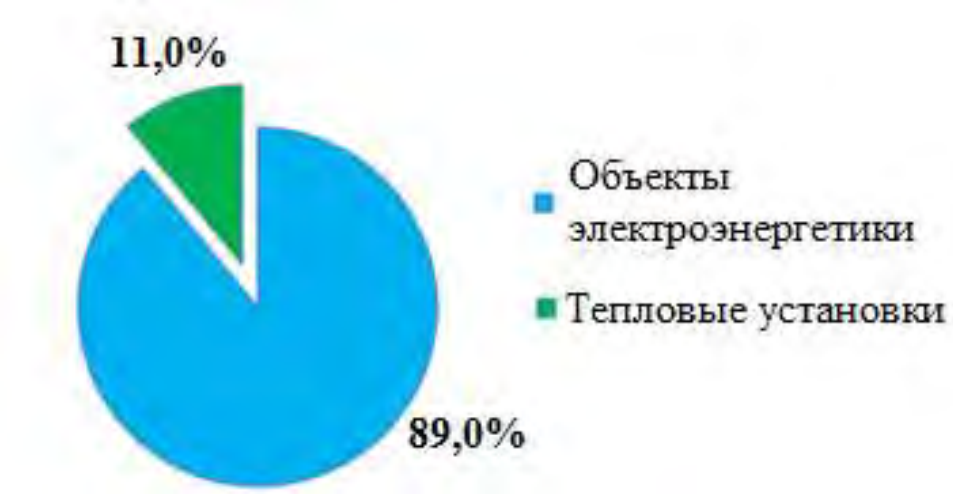


Рис. 1. Распределение аварий по видам объектов энергетики за 2020 г.

При этом причины аварий на объектах электроэнергетики разделены следующим образом: 37 % – сбои в функционировании систем диспетчерского и технологического управления, послужившие причиной блокировки связи на 1 час и более между диспетчерским центром, объектом электроэнергетики и энергопринимающей установкой; 21 % – отключение генерирующего оборудования или объекта электросетевого хозяйства, послужившие причиной сокращения уровня надежности энергосистемы с изолированием отдельных энергорайонов; 16 % – сбои в функционировании автоматической противоаварийной системы, включая вызванные ошибками работников и повлекшие за собой изолирование объекта электросетевого хозяйства, отключение (включение) генерирующего оборудования с $P_{\text{сум}} \geq 100$ МВт или остановку электроснабжения потребителей электроэнергии с $P_{\text{потреб}} \geq 100$ МВт; 10,4 % – нарушение работы силового трансформатора $P \geq 10$ МВА, сопровождающееся повреждением его целостности и геометрии конструкции; 10,4 % – нарушение целостности здания; 5,2 % – нарушение целостности гидротехнических сооружений [1].

На объектах энергетики производственная деятельность работников сопряжена с воздействием вредных и опасных факторов, а также риском травмирования и гибели. Такая ситуация обусловлена эксплуатацией оборудования, элементы которого работают под высоким электрическим

напряжением, давлением и с высокими температурами. Так, количество несчастных случаев со смертельным исходом в период за 2020 г. на объектах энергетики составляет 30, в которых погибло 34 человека. Распределение несчастных случаев по видам объектов энергетики иллюстрировано на Рис. 2.

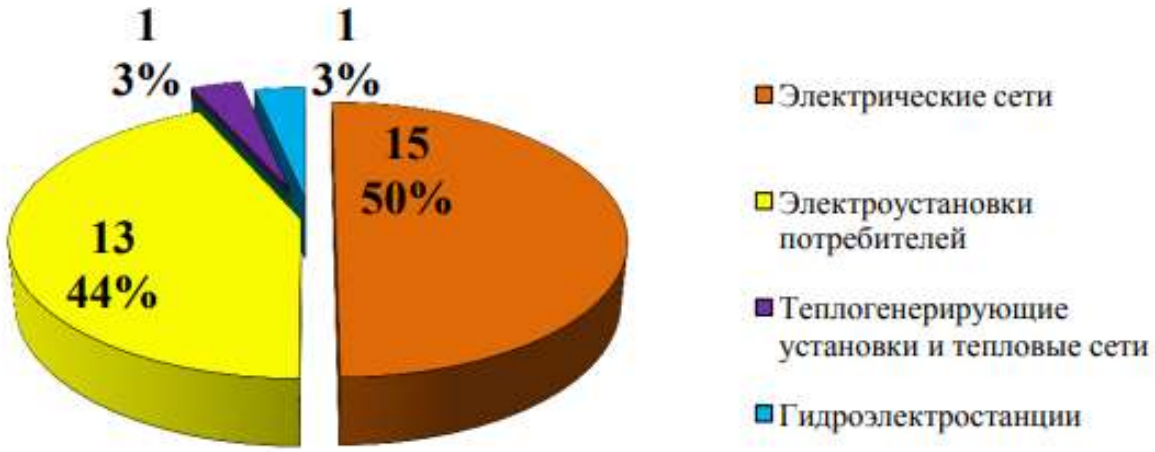


Рис. 2. Распределение несчастных случаев по видам объектов энергетики.

Правила по охране труда на предприятиях при взаимодействиях с тепловыми установками регламентируются приказами и постановлениями Министерства труда (приказ № 551н, 2015 год). Эти правила время от времени меняются и дополняются. Одни из последних дополнений были внесены приказом № 703н в 2018 году. Последние дополнения были внесены в 2020 году и начали действовать в период от 1 января 2021 г. по 31 декабря 2025 г.

Охрана труда включает в себя законодательные акты и различные мероприятия, созданные для безопасности рабочего в процессе его труда и для сохранения здоровья и работоспособности. Она изучает возможные причины несчастных случаев на рабочем месте и профессиональных заболеваний, способы защиты от этого, создания благоприятных условий.

Согласно ежегодной статистике Росстата, количество людей, работающих во вредных или опасных условиях для жизни, сильно росло до 2014 г., после чего в течение следующих 4 лет незначительно снизилось. Снижение этого роста обуславливается принятым в 2014 году Законом 426-ФЗ. По оценкам МРОТ от плохих условий труда ежегодно умирают 190 тыс. человек. Перед тем, как начать рассматривать требования по организации охраны труда в области теплоэнергетики, необходимо понять, где эти правила применимы. А применимы они практически во всех областях, где используются тепловые энергоустановки. А именно, все виды котельных, сетей, считающиеся тепловыми, и сооружений, к ним относящиеся, системы теплопотребления, теплообменные аппараты, емкости для реагентов и топлива.

Каждый руководитель обязан организовать на предприятии:

1. Поддержание теплового оборудования в исправном состоянии, организацию своевременного их ремонта, эксплуатацию их в соответствии с инструкциями, технической документацией.

2. Обучение подчиненных правилам по охране труда с последующей проверкой знаний. Проверка знаний проводится не реже, чем раз в год.

3. Проверку качества соблюдений инструкций по охране труда подчиненных.

4. Обучение работников правилам оказания первой помощи и действиям в экстренных ситуациях.

Каждый действующий руководитель сам создает инструкции по охране труда на основании технической документации тепловых установок, которые впоследствии утверждаются с учетом мнения профсоюзного органа либо другого уполномоченного представительского учреждения. В зависимости от выполняемых задач и опасности работ каждый разработчик правил может дополнять правила безопасности, если таковые не противоречат другим правилам. Также возможно применение устройств, позволяющих дистанционно следить за установками и рабочими во время трудовой смены.

В большинстве случаев эти требования не представляют собой ничего сложного. Это – обычные правила по противопожарной безопасности и требования об использовании установок только по назначению. Также в них включают пункты об обязательном периодическом обучении работников с последующей проверкой знаний, об обязательных медицинских осмотрах и о действиях при несчастных случаях. Если это требуется, включаются пункты о ношении специальной одежды для защиты от негативного влияния производственных факторов и ношении средств индивидуальной защиты.

Основными вредными, и в некоторых случаях опасными производственными факторами, влияющими на здоровье рабочих при эксплуатации тепловых энергоустановок, являются: высокая температура среды; теплоносители, наружные стенки тепловых установок и трубопроводов; недостаточная освещенность помещений рабочих мест; высокий уровень шума, вибрации и излучения рабочих зон; повышенная загрязненность воздуха; падающие предметы.

В связи с тем, что государство не проводит адекватного стимулирования работодателей улучшить условия труда, эта задача, в первую очередь, ложится на плечи обычных рабочих и на добросовестность руководящего состава. К сожалению, как показывает многолетняя практика, пока не случится несчастный случай, никто не будет смотреть за соблюдением правил. Поэтому важно не стать тем самым «испытуемым кроликом» и следить за выполнением всех инструкций по охране труда хотя бы у себя.

Таким образом, уровень риска возникновения аварий, показатели травматизма и количество несчастных случаев на предприятиях, связанных

с производством и распределением электрической и тепловой энергии, остаются высокими, а сами объекты энергетики являются источником повышенной опасности, как для людей, так и для природной среды. Необходимо помнить, что безопасность человека в большинстве случае зависит от него самого. Несоблюдение требований по охране труда может привести к тяжелым последствиям вплоть до летального исхода не только самого человека, нарушившего их, но и окружающих его людей. Цена простой халатности слишком высока, и каждый человек на производстве должен не только следить за собой, но и стараться смотреть за ситуацией вокруг него и предупреждать остальных о возможной опасности. Таким образом, можно спасти не одну жизнь. Кроме того, руководители предприятий энергетики также обязаны уделять достаточно внимания вопросам эффективного функционирования системы управления охраной труда, а также финансированию мероприятий по улучшению условий трудового процесса и техносферной безопасности на предприятии.

Литература

1. Алексеев, В.С., Мурадова, Е.О., Давыдова, И.С. Безопасность жизнедеятельности в вопросах и ответах. – М.: ТК Велби, 2006. – 208 с.
2. Арустамов, Э.А. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Дашков и др., 2003. – С. 395.
3. Анализ обстоятельств и причин несчастных случаев со смертельным исходом на объектах энергонадзора за 2020 г. http://www.sural.gosnadzor.ru/info/analiz-energo-2020/.
4. Пикалов, А.В., Жолобова, М.В., Липкович, И.Э., Егорова, И.В., Петренко, Н.В. Особенности организации надзорной деятельности за безопасной эксплуатацией тепло- и электроустановок на предприятии АПК // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 162. – С. 187-200.
5. Русинов, С.В., Беляев А.Н. Анализ травматизма в теплоэнергетической отрасли // Научный электронный журнал Меридиан. – 2020. – № 9 (43). – С. 15-17.
6. Климова, Е.В., Калатози, В.В., Рыжиков, Е.Н. Проблемы эффективного управления профессиональными рисками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 4. – С. 270-272.
7. Зотов, Б.И., Курдюмов, В.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – М.: КолосС, 2003. – 432 с.

Человек как энергетическая система

Э.И. Зайнагутдинова,
студентка 5 курса кафедры электромеханики,
З.Х. Баишева,
магистрант 1 курса кафедры биомедицинской инженерии,
А.И. Шайхлисламов,
студент 5 курса кафедры электромеханики,
Р.М. Асилгужин,
магистрант 1 курса кафедры электромеханики;
факультет авионики, энергетики и инфокоммуникаций,
Уфимский государственный авиационный технический университет
e-mail: zaynagutdinova@niietkis.ru

***Аннотация**. В данной статье рассмотрена и проанализирована научно-техническая и медицинская литература об устройстве энергетической системы в человеческом организме; рассмотрен принцип формирования электрического сигнала внутри клеток и принцип проводимости его к другим клеткам и органам; изучены пути протекания тока по организму и главные центры генерирования электрической энергии; указано используемое на данный момент оборудование, позволяющее регистрировать и визуализировать структуру энергетической системы человека.*
***Ключевые слова:** человек, энергетическая система, биотоки, магнитное поле организма, генерация электрического сигнала.*

Human as an energy system

E.I. Zainagutdinova,
5th year student of the Department of Electromechanics,
Z.Kh. Baisheva,
1st year master's student of the Department of Biomedical Engineering,
A.I. Shaikhlislamov,
5th year student of the Department of Electromechanics,
R.M. Asilguzhin,
1st year master's student of the Department of Electromechanics;
Faculty of Avaionics, Energy and Infocommunications,
Ufa State Aviation Technical University

***Abstract**. This article examines and analyzes the scientific, technical and medical literature on the structure of the energy system in the human body; the principle of the formation of an electrical signal inside cells and the principle of its conduction to other cells and organs are considered; the paths of current flow through the body and the main centers for generating electrical energy have*

been studied; the equipment used at the moment is indicated, which allows registering and visualizing the structure of the human energy system.
Keywords: *human, energy system, biocurrents, magnetic field of the body, generation of an electric signal.*

Изучение источников позволяет утверждать, что вопрос происхождения энергетических реакций в человеческом организме изучен не полностью [1-4, 6-7, 10-15].

Выявлено, что в живых организмах протекают электрические токи (биотоки) [2]. Все токи в живых существах являются потоками ионов и связаны с пятью типами частиц: четырьмя положительными ионами (натрий, калий, кальций и водород) и одним отрицательным (хлорид-анион). Важным аспектом является направление движения частиц. Ток в электрической цепи течет вдоль проводника, в то время как распространению электрического импульса по нейрону способствует движение ионов в перпендикулярном направлении. Потенциально нервные волокна могут проводить импульсы в любую сторону, однако обычно они передают их только в одном направлении. Двигательные нервы передают сигнал от головного и спинного мозга к мышцам для управления их сокращением, а чувствительные нервы передают информацию в обратном направлении – от органов чувств к головному мозгу [2, 3].

Таким образом, именно калиевые и натриевые каналы имеют большое значение в генерации нервного импульса. Биологический импульс имеет химическую природу образования и отличается от электрического импульса технических систем направлением распространения.

Ранее учеными полагалось, что электрическая активность нервной системы имеет средоточие в центрах нервных клеток. После исследований данной темы учеными университета Калифорнии выявлено, что около 90% электрической активности мозга находится в дендритах [4]. Дендриты – это короткие ветвящиеся отростки нервной клетки, воспринимающие сигналы от других нейронов, рецепторных клеток или непосредственно от внешних раздражителей. Также отмечено, что дендриты способны воспринимать диапазоны сигналов, что приближает их к аналоговым представлениям передачи сигнала. Тело нервной клетки воспринимает сигнал в виде дискретной величины.

Мембрана всех живых клеток поляризована. Внутренняя сторона мембраны несет отрицательный заряд по сравнению с межклеточным пространством [5]. Величина заряда, который несет мембрана, называется мембранным потенциалом. Вычислено, что в возбудимых тканях потенциал достаточно высокий, составляет около (-60 … -100) мВ. Этот потенциал называется потенциалом покоя. Связан он, прежде всего, с накоплением ионов калия. Он формируется за счет избирательной проницаемости клеточной мембраны. Внутри клетки концентрация ионов калия выше, а натрия и хлора – ниже, чем снаружи. В состоянии покоя мембрана проницаема для ионов калия и практически непроницаема для ионов натрия и

хлора. Несмотря на то, что калий может свободно выходить из клетки, его концентрации остаются неизменными, благодаря отрицательному заряду на внутренней стороне мембраны.

Если на нерв или мышцу нанести раздражение выше порога возбуждения, то потенциал покоя нерва или мышцы быстро уменьшится и на миллисекундный промежуток времени произойдет кратковременная перезарядка мембраны: ее внутренняя сторона станет заряженной положительно относительно наружной, после чего восстановится потенциал покоя. Это кратковременное изменение потенциала покоя, происходящее при возбуждении клетки, является потенциалом действия. Происходит кратковременное увеличение проницаемости для *Na+*. При этом, натрий начнет проникать в клетку под действием двух сил: по градиенту концентрации и по заряду мембраны, стремясь подстроить заряд мембраны под свой равновесный потенциал. Движение натрия осуществляется по потенциал-зависимым натриевым каналам, которые открываются в ответ на смещение мембранного потенциала, после чего сами инактивируются. Потенциал действия нервного волокна представлен на Рис. 1.

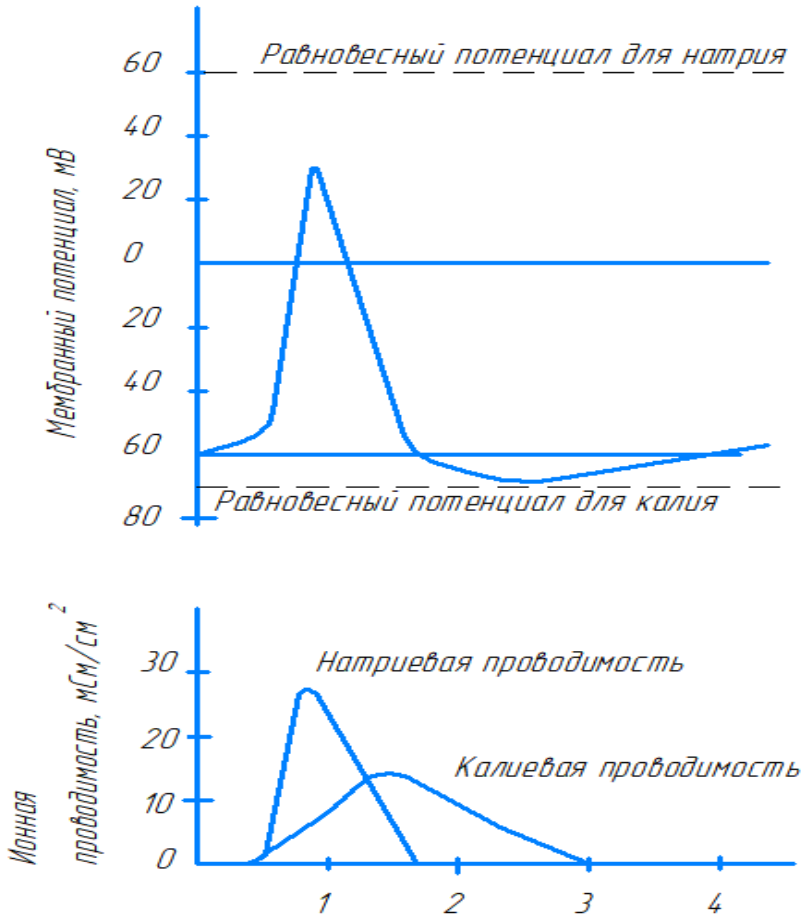


Рис. 9. Потенциал действия нервного волокна.

Чтобы перейти от одного нейрона к другому, сигнал должен пройти через особую структуру – синапсы [5, 12, 13]. При этом передача может

осуществляться по химическому или электрическому принципу. Для управления ионными каналами соседей нервные клетки выпускают в синаптическую щель нейромедиаторы. Они специфично взаимодействуют с ионными каналами в мембране целевой клетки. В результате взаимодействия канал открывается, пропуская через себя ионы внутрь или наружу клетки. Направление движения частиц при этом зависит от концентрации ионов и распределения зарядов. После передачи зарядов нейромедиаторы удаляются из синаптической щели.

Вышесказанное раскрывает суть образования и передачи электрического сигнала внутри клеток живого организма. Потенциалы покоя и действия нейрона связаны с поляризацией мембраны клетки и с временным увеличением проницаемости для отдельных ионов. При этом сигнал передается через специальные синаптические щели за счет влияния нейромедиаторов.

Один из наиболее часто упоминаемых электрических токов, создаваемых телом, связан с сердечным ритмом. Сердце содержит группу клеток, которые находятся в верхней правой части, известной как синоатриальный узел (*SA*) [6]. Электролиты в узле *SA* содержатся, как внутри, так и снаружи клеток. Натрий и кальций обычно находятся вне клеток узлов *SA*, а калий – внутри. Чтобы сердце могло перекачивать кровь, клетки должны генерировать электрические токи, которые позволяют сердечной мышце сокращаться в нужное время. Эти электрические импульсы в сердце можно наблюдать с помощью снятия электрокардиограммы (ЭКГ). Нерегулярные электрические токи могут помешать правильному сокращению сердечных мышц и, как следствие, привести к летальному исходу.

Также существуют способы записи собственной естественной электрической активности мозга человека. Это возможно во время регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ), при которой одновременно записываются суммарные потенциалы действий миллионов клеток мозга.

Более раскрытую картину можно получить при помощи технологии вызванных потенциалов [7]. Это – метод выделения слабых и сверхслабых изменений электрической активности мозга в ответ на стимул различной модальности. Метод позволяет получить объективную информацию о состоянии периферических и центральных звеньев различных сенсорных систем, таких как зрение, слух и т.д. Является неинвазивным и объективным методом тестирования функций ЦНС, для которого не имеется противопоказаний.

Возможность проведения данных исследований и упомянутые электрические процессы внутри клеток позволяют говорить о том, что человеческий организм является биологическим источником энергии, который по силе и источникам генерирования электрических сигналов можно разбить на основные центры.

Электричество, вырабатываемое организмами, можно подразделить на 2 вида: с внутренним возбуждением и с внешним. Внутреннее возбуждение для генерирования электричества имеют мозг и сердце. От внешних

источников возбуждаются органы чувств: сетчатка глаза, внутреннее ухо, обонятельные рецепторы, вкусовые рецепторы и кожные рецепторы [8].

В таком случае возникает необходимость определить дальнейшее направление движения импульсов, которое рассмотрено в указанных источниках. Выработанные в головном мозге электрические сигналы протекают в спинной мозг, а оттуда по нервным сплетениям направляются ко всем органам и тканям. Далее очень мелкие нервные окончания проникают во все органы грудной и брюшной полости, в кости, мышцы, сосуды, связки туловища и конечностей. Так как ткани человеческого организма на 95% состоят из воды с растворенными в ней солями, они являются хорошим проводником электричества.

Сгенерированные в синоатриальном узле электрические импульсы сердца проходят по всей его структуре, побуждая мышцы сокращаться. Далее сердечные биотоки покидают пределы сосредоточения и «растекаются» по всему телу. Именно поэтому электрокардиограф может фиксировать наличие токов на контактных металлических пластинках, соприкасающихся с кожей грудной клетки, ног и рук.

При попадании света на специфический генератор в виде сетчатки глаз происходит выработка потока электронов, который далее распространяется по зрительному нерву и передается в кору головного мозга.

Внутреннее ухо генерирует электроимпульсы при воздействии звуковых волн на чувствительные клетки, расположенные на мембране внутреннего уха. Далее биотоки проходят по слуховому нерву в продолговатый мозг, а дальше в кору головного мозга.

На одном квадратном сантиметре кожи находится 200 болевых, 20 тактильных, 12 холодовых и 2 тепловых рецепторов. Воздействие различных видов травм на эти кожные рецепторы приводит к возникновению биоимпульсов, которые по мелким и крупным нервным стволам передаются в спинной мозг, затем в продолговатый мозг и кору полушарий. Кожные рецепторы относятся к самым мелким генераторам электричества в организме человека.

Возникновение биоимпульсов от рецепторов носовой полости происходит вследствие воздействия пахучих веществ. Нервные обонятельные клетки заканчиваются в грушевидной извилине коры головного мозга.

Расположенные на языке вкусовые «сосочки» вырабатывают биоимпульс при воздействии химических веществ, входящих в состав потребляемой пищи. Вкусовые нервы относятся к волокнам лицевого, языкоглоточного и блуждающего нервов. По ним биоимпульсы проходят к таламусу и заканчиваются в опекулярной области коры головного мозга. В этой области возникают электропотенциалы после раздражения вкусовых рецепторов химическими веществами.

При этом, если все вырабатываемое телом человека электричество взять за 100%, то получим, что 90% исходит от «внутренних генераторов» – сердца и мозга, и только 10% от всех органов чувств [8] (Рис. 2).

Рис. 10. Диаграмма распределения соотношений вырабатываемого человеком электричества.

После физиологического исследования нервных тканей ученые выделяют эфферентные и афферентные пути биологического электрического тока. В эфферентной электрической цепи биотоки распространяются от центра (мозга) к периферии (кожным покровам), проходя через все внутренние органы и ткани. В афферентных путях биотоки распространяются от внешних генераторов электричества (органов чувств) к центральной нервной системе [8].

Электрический сигнал, выполнив свое предназначение, то есть, передав информацию, закодированную в синусоидальном электрическом биопотенциале, становится не нужен человеческому организму и должен быть отведен от него. Изначально сгенерированный импульс проходит от мозга или сердца по эфферентным нервным клеткам, от центральной нервной системы к внутренним органам и тканям, в итоге поступая к кожным покровам. Все внутренние органы и ткани «прочитывают» информацию, заложенную в биоимпульсе и соответствующим образом реагируют на нее, после чего биоток становится «балластным» и по межклеточному пространству поступает на кожу. При этом принимающие органы потребляют только около 5-10% энергии выработанного электрического импульса. Около 90% энергии уходит на поверхность тела человека. Данному устройству электрической системы человеческого организма находят несколько причин [8].

Во-первых, большие токи обеспечивают более быструю передачу импульсов до целевого органа. При выработке только необходимого значения энергии скорость передачи бы уменьшилась в разы, и система реагировала бы на внешнее и внутренне раздражение с большим запаздыванием.

Во-вторых, такие большие потери выработанного заряда переходят в тепловую энергию, необходимую для нормального функционирования живого организма.

Биотоки создают распределение электрических потенциалов на поверхности тела, которые можно регистрировать с помощью электрокардиографии, электроэнцефалографии и т.п. Существуют и аналоги данных методов, такие как магнитокардиография и магнитоэнцефалография, регистрирующие сигналы от тех же электрических процессов в организме [9]. При этом, как следует из теории электромагнетизма, строение источника тока в электропроводящей среде (в данном случае в организме) и неоднородность самой этой среды существенно по-разному отражаются на распределении магнитных и электрических полей. Некоторые виды биоэлектрической активности проявляются преимущественно в электрическом поле и дают слабый магнитный сигнал, другие – наоборот. Поэтому есть много процессов, наблюдение которых предпочтительнее магнитографически.

Магнитография не требует прямого контакта с объектом, что составляет принципиальное преимущество перед электрическими методами регистрации данных, так как места крепления электродов на коже могут быть источниками медленно меняющихся контактных потенциалов. Таким образом, магнитография, не имея паразитарных помех, позволяет исследовать медленно протекающие процессы.

Также с помощью магнитографии можно более точно определить локализацию биоэлектрической активности в организме, так как магнитные поля значительно ослабевают при удалении от источника активности, то есть, могут дать более наглядную картину распределения. Данные от снятия электрических потенциалов определяются слабыми и растекающимися по коже токами и, как следствие, имеют большие погрешности. Дополнительную полезную информацию может дать и то, что индукция магнитного поля характеризуется не только абсолютной величиной, но и направлением вектора.

Наиболее точную и полную информацию при этом раскрывает применение комбинации методов магнито- и электрографии.

Известно, что работа сетчатки глаза может сопровождаться возникновением потенциала до 0,01 В между передней и задней ее поверхностями [9]. Это вызывает в окружающих тканях электрический ток, магнитное поле которого можно регистрировать в виде магнитоокулограммы (МОГ) при движении глаз и в виде магниторетинограммы (МРГ) при изменении освещенности сетчатки. Также выяснилось, что индукция магнитного поля глаз существенно выше, чем магнитного поля мозга. Конфигурацию и характеристики магнитных полей необходимо знать и учитывать подобные особенности при магнитографических исследованиях мозга.

Лучше всего магнитная регистрация проявляет себя при исследованиях откликов мозга на различные воздействия на организм через органы чувств. Исследования показали, что вызванные магнитные поля имеют до-

статочно простую структуру и позволяют установить расположение источника биоэлектрической активности в коре головного мозга. Положение токового диполя вызванного магнитного поля, глубину его залегания в мозге, направление и значение (то есть произведение плотности тока на объем области активности) можно определить магнитографически. Так, например, в ответ на зрительное раздражение возникает токовый диполь в затылочной части головы, на слуховое – в височной части. В ответ на раздражение мизинца правой руки возникает диполь, перпендикулярный центральной борозде левого полушария (Рис. 3). Этот диполь расположен в проекционной зоне чувствительных рецепторов различных частей тела, и именно в том месте, где, как показали нейрохирургические исследования, находится «представительство» мизинца [9].

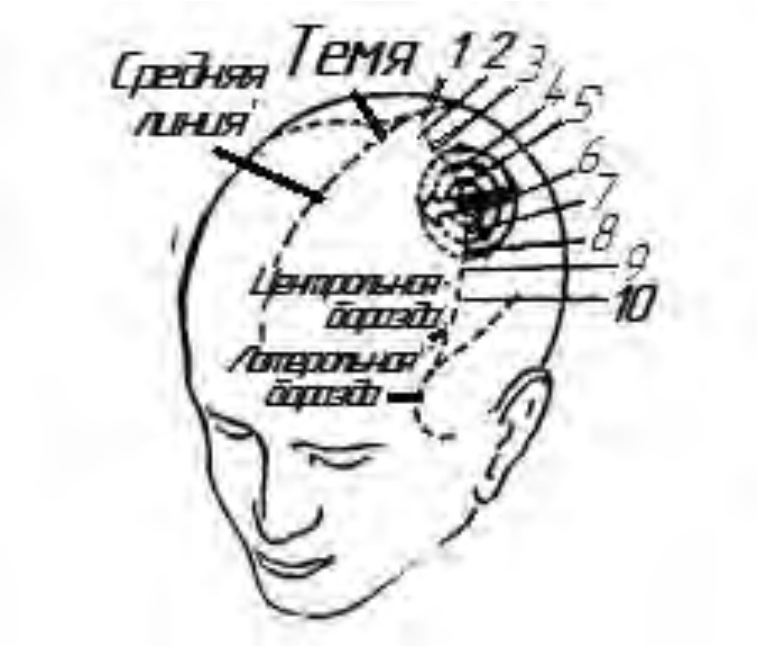


Рис. 3. Проекционные зоны чувствительных рецепторов некоторых частей тела:
1 – нога; 2 – туловище; 3 – рука; 4 – запястье; 5 – кисть; 6 – мизинец; 7 – большой палец; 8 – лицо; 9 – губы; 10 – язык.

Существует развивающийся перспективный метод графического отображения электромагнитного излучения тела человека – биоэлектрография, или газоразрядная визуализация [10, 14]. Суть метода заключается в фото- или видеорегистрации эмиссии заряженных частиц (или фотонов), участвующих в инициировании начальных фаз газового разряда в условиях созданной определенной напряженности электромагнитного поля. Такие программно-аппаратные комплексы могут применяться для мониторинга и диагностики состояния организма человека. Ввиду прогресса цифровых технологий и понимания внутренних механизмов современная модификация метода получила от разработчика эквивалентное название «электрофотонный анализ». Программно-аппаратные биоэлектрографические комплексы сертифицированы Министерством здравоохранения Рос-

сийской Федерации в качестве приборов медицинской техники. Изучение электромагнитных данных, снятых с кожи человека, является научно-перспективным направлением, особенно в условиях развития современных технологий.

Наука подходит ближе к понимаю энергетического строения окружающей человека материи. Новаторской выступает идея взгляда на болезнь или здоровье как на суммарные энергетические состояния атомов клеток тех или иных тканей.

Таким образом, на сегодняшний день уже существует оборудование, позволяющее регистрировать электрическую систему человеческого организма, однако данное направление остается востребованным и перспективным для раскрытия новых возможностей, как медицины для усовершенствования методов диагностики и лечения, так и для технического прогресса для исследования новых возможностей создания и оптимизации технических устройств. Ученые уже научились пользоваться кинетической и тепловой энергией человека, но использование непосредственно электрической энергии пока что является сложной и неизученной задачей [11, 15]. Каждое из этих направлений является развивающимся и перспективным, а также требует от научно-технического мира разработок новых и усовершенствования известных видов материалов и технологий изготовления приборов.

Данный анализ закладывает основы для дальнейшего изучения и проведения эмпирических исследований по тематике, определяющей человека как энергетическую систему. Рассмотрен принцип формирования и пути передачи электрического сигнала в организме и выделены основные источники возникновения импульсов. Рассмотрено оборудование, позволяющее фиксировать и визуализировать электрические сигналы. Развитие исследуемого направления может внести принципиально новые решения в области технического прогресса. Так, регистрация и дешифровка сигналов мозга при известных либо картированных зонах ответственности за отдельные реакции и действия человека может позволить продвинуться как в области технического управления, так и в области коммуникаций (например, для людей с ограниченными возможностями).

Всеобщий возрастающий интерес к озвученной научной проблеме свидетельствует об ее актуальности и востребованности в научной среде. Также малая изученность направления позволяет предлагать новаторские решения и вносит конкурентные возможности.

Литература

1. Системы органов человека [Электронный ресурс] URL: https://www.grandars.ru/college/medicina/sistema-organov.html (Дата обращения: 25.12.2020).

2. 5 минут об электричестве в человеке [Электронный ресурс] URL: https://tass.ru/lyudi-i-veschi/6822193 (дата обращения: 22.12.2020)

3. Искра жизни. Электричество в теле человека / Ф. Эшкрофт — «Альпина Диджитал», 2012.

4. Новости науки США, март 2017 г [Электронный ресурс] URL: https://www.interfax.ru/world/553103 (дата обращения: 22.12.2020).

5. Потенциал покоя и потенциал действия. / Зыбина А.М. // Физиология человека и животных [Электронный ресурс] URL: https://biocpm.ru/potencial-pokoya-i-potencial-deystviya (дата обращения: 22.12.2020).

6. How The Human Body Generates Electricity / Today I Found Out [Электронный ресурс] URL: https://www.businessinsider.com/how-the-human-body-generates-electricity-2013-7 (дата обращения: 22.12.2020).

7. Применение технологии регистрации вызванных потенциалов в разработке нейроинтерфейса – А.В. Томашвили – Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – Вып. 11.

8. Энергетический метод лечения заболеваний. Глава 1 – Электрофизические основы / Молостов В.Д. – ФАИР-ПРЕСС, 2003.

9. Введенский В.Л., Ожогин В.И. Сверхчувствительная магнитометрия и биомагнетизм. – М.: Наука, 1986. – 200 с.

10. Энергетическая система человека в свете современных физико-биологических знаний, концепций, гипотез / Потяженко М.М., Невойт А.В. // Український медичний часопис – 4(2) (132) – 2019.

11. Тело как источник бесплатной электроэнергии: насколько это реально? [Электронный ресурс] URL: https://hype.tech/@ns3230/nashe-telo-kak-istochnik-besplatnoy-elektroenergii-naskolko-eto-realno-4kkxal97 (дата обращения: 22.12.2020).

12. Электрические свойства нейронов. Вячеслав Дубынин [Электронный ресурс] URL: https://postnauka.ru/video/71182 (дата обращения: 22.12.2020).

13. Amber Plante. How the human body uses electricity. / GRADUATE STUDENT ASSOCIATION [Электронный ресурс] URL: https://www.graduate. umaryland.edu/gsa/gazette/February-2016/How-the-human-body-uses-electricity/ (дата обращения: 22.12.2020).

14. Evaluation of the human bioelectromagnetic field in medicine: the development of methodology and prospects are at the present scientific stage / Ozar P Minser, Maksim M Potiazhenko, Ganna V Nevoit // National library of medicine, 2019.

15. The Human Body as a Portable Power Source. Submitted as coursework for PH240, Stanford University. / Alex Gruebele – December 10, 2018.

Методы лечения синдрома «сухого глаза»

З.Х. Баишева
магистрант 1 курса кафедры биомедицинской инженерии,
Э.И. Зайнагутдинова
студентка 5 курса кафедры электромеханики,
Е.А. Пронин
магистрант 1 курса кафедры электромеханики,
Д.Ю. Пермин
магистр кафедры электромеханики, оператор электронно-вычислительных и вычислительных машин научно-исследовательского института электротехнических комплексов и систем;
факультет авионики, энергетики и инфокоммуникаций,
Уфимский государственный авиационный технический университет
e-mail: zemfira.baisheva@gamil.com

Аннотация. *В данной статье рассмотрена и проанализирована медицинская литература об этиологическом возникновении синдрома сухого глаза (ССГ), приведены классификация причин появления данного синдрома, диагностические процедуры, способствующие его обнаружению, также описаны наиболее распространенные методы лечения ССГ.*
Ключевые слова: *синдром сухого глаза (ССГ), слезная пленка (СП), слезозаменители, обтурация, интраназальная стимуляция.*

Dry eye treatment methods

Z.Kh. Baisheva,
1st year master's student of the Department of Biomedical Engineering,
E.I. Zainagutdinova,
5th year student of the Department of Electromechanics,
E.A. Pronin,
1st year master's student of the Department of Electromechanics,
D.Yu. Permin,
Master of the Department of Electromechanics,
computer operator of research Institute of Electrotechnical Complexes and Systems;
Faculty of Avaionics, Energy and Infocommunications,
Ufa State Aviation Technical University

Abstract. *This article reviews and analyzes the medical literature on the etiological occurrence of dry eye syndrome, provides a classification of the causes of this syndrome, diagnostic procedures that contribute to its detection, and describes the most common methods of treating DES.*
Keywords: *dry eye syndrome (DES), tear film (TF), tear substitutes, obturation, intranasal stimulation.*

С каждым годом количество материала медицинской литературы, посвященной изучению причин возникновения синдрома сухого глаза (ССГ) растет, что свидетельствует об актуальности данной проблемы в связи с увеличением этиологических факторов, вызывающих данное заболевание (компьютерной техники, кондиционеров, способствующих развитию так называемого «глазного офисного и мониторного» синдрома) [1]. Распространенность ССГ год от года имеет тенденцию к росту, как в нашей стране, так и за рубежом, где изучению данной патологии уделяется большое внимание [2].

На сегодняшний день данный синдром можно выявить практически у 50% пациентов, обращающихся к офтальмологу по поводу заболеваний глаз или для коррекции зрения, и этот показатель имеет тенденцию к росту [3]. С нарастающей частотой ССГ наблюдается у людей молодого возраста в связи с широким распространением компьютерной техники, совершенствованием средств контактной коррекции зрения, регулярным применением лекарственных препаратов, влияющих на компонентный состав организма человека, увеличением заболеваемости системными болезнями, такими как сахарный диабет, заболевания щитовидной железы, псориаз и многие другие, гормональными преобразованиями – беременность, период лактации, климактерические изменения и т.д. Наравне с перечисленными причинами влияние оказывают активные процессы урбанизации, воздушные перелеты, неблагоприятные факторы окружающей среды: сильные ветра, дым от заводов и фабрик, частицы взвешенной пыли в воздухе, высокая температура, сухой климат, кондиционируемый воздух.

Синдром сухого глаза (ксерофтальмия) – это патологическое состояние, которое характеризуется недостаточным увлажнением эпителия роговицы и конъюнктивы глаз. При нормальных условиях в конъюнктивальной полости (щелевидном пространстве между веками и глазным яблоком) постоянно находится 6-8 мкл слезной жидкости. Так, например, при сомкнутых веках жидкость заполняет все пространство, при открытых – распределяется по передней поверхности глаза в виде тонкой пленки.

Прекорнеальная слезная пленка (СП) толщиной всего около 6-12 мкм является первым барьером между роговицей глаза и окружающей средой, выполняет защитную, метаболическую и оптическую функции, предохраняется от испарения тонким слоем липидов, питает клетки эпителия и увеличивает аккомодационные свойства глаза.

Слезная пленка по своей структуре неоднородна, в ее составе присутствуют три биохимически разнородных слоя, которые, взаимодействуя друг с другом, создают комфортные условия для функционирования глаза. Первый прилегающий слой к роговице является муциновый слой. Он распределяется непосредственно по поверхности эпителия глазной поверхности и связывает влагу водянистого слоя, удерживая ее и предотвращая избыточное «стекание» жидкой фракции. Далее расположен водянистый слой, состоящий из растворенных в воде электролитов и органических соединений. Липидный – самый поверхностный слой слезной пленки, предотвращает избыточное испарение слезы.

Каждый слой продуцируется разными секретирующими образованиями. Так в обычных условиях в формировании муцинового слоя участвуют бокаловидные клетки, клетки Бехера и Манца, крипты Генле, они локализованы в различных отделах конъюнктивы. Добавочные железы Краузе и Вольфринга также секретируют некоторое количество муцина, но их основной функцией является производство водянистого слоя СП. Микроскопические образования, секретирующие липиды – мейбомиевы железы, железы Цейса и Молля, располагающиеся в толще век, по краю которых открываются выводные протоки. Липидный компонент СП не только способствует препятствованию теплоотдачи с поверхности эпителия роговицы и конъюнктивы, но и замедляет испарение слезы, смазывая края век, тем самым, не позволяя слезе скатываться через край.

Слезные железы и секретирующие клетки формируют сложный компонентный состав слезной жидкости. В производстве слоев СП участвуют добавочные слезные железы, однако, несмотря на то, что главная слезная железа способствует формированию водянистого слоя, ее основной функцией является рефлекторное слезоотделение – она «срабатывает» при эмоциональных состояниях, боли, также при механическом травмировании роговицы глаза. В состав слезной жидкости входят различные биохимические компоненты, такие как иммуноглобулины, лактоферрин, трансферрин, медиаторы вегетативной нервной системы, ферменты, компоненты гемостаза, продукты углеводного, белкового, жирового, минерального метаболизма тканей, также небольшое количество транссудата плазмы крови, проникающей в конъюнктивную полость через стенки капилляров, также различные биохимические компоненты. В зависимости от условий, при которых продуцируется слезная пленка, компонентный состав по биохимической структуре слезной жидкости будет различаться [4].

Как отмечалось ранее, слезная пленка выполняет ряд функций. Защитная функция реализуется в совместной работе всех трех слоев: липидный слой молекул блокирует проникновение в эпителий аэрозолей, термоизолирует и препятствует избыточному испарению; водянистый слой «смывает» инородные тела с поверхности эпителия, оказывая антибактериальное и противовирусное воздействия и восстанавливая за счет буферных систем pH при его нарушениях; муциновый – обволакивает инородные тела, пылинки, уменьшая тем самым их повреждающее действие. Обеспечение метаболической функции – выполняется водно-муциновой фракцией, за счет содержащихся в ней электролитов и органических веществ, растворенных в водянистом слое слезной жидкости, происходит транспорт кислорода, питательных веществ к клеткам эпителия, удаление шлаков и отмерших клеток, регенерация и гидратация эпителия. Оптическая функция заключается в сглаживании неровностей наружной поверхности роговицы, микроскладок и макроворсинок. Как и в защитной функции, все слои слезной пленки принимают участие в реализации данной функции, что обеспечивает роговице блеск, зеркальные и аккомодационные свойства.

При тесном взаимодействии слезопродуцирующих и слезоотводящих органов поддерживается нормальное состояние слезной пленки. В основе

механизма обновления СП лежат периодические нарушения целостности – «разрывы» слезной пленки с фрагментарным обнажением эпителия роговицы. Далее поверхность эпителия на обнажившихся участках начинает подсыхать, что вызывает рефлекторное моргание, затем края век разглаживают слезную пленку. В тот момент, когда веки смыкаются, просвет слезных канальцев сплющивается, при размыкании век – снова принимает округлую форму. Слезный мешок в момент моргания также сплющивается волокнами мышц, таким образом, слеза активно проталкивается в слезоотводящие пути. За одно моргание отводится 2 мкл, следовательно, за одну минуту – 30 мкл слезной жидкости [5].

Этиология возникновения синдрома сухого глаза имеет сложный комплексный характер. В 2007 году была проведена Международная конференция «The 2007 International Dry Eye WorkShop» (DEWS), при поддержке Общества специалистов по изучению слезной пленки и глазной поверхности (The Tear Film & Ocular Surface Society, TFOS). В том же году было принято решение об официальном введении термина «система глазной поверхности» («Ocular Surface System») в медицинскую номенклатуру. Также были сформированы три основных постулата, применяемых при диагностировании и лечении ССГ:

1. Многофакторность этиологии заболевания.

2. Любые формы ССГ могут взаимодействовать и усиливать друг друга, образуя замкнутый круг. В звеньях патогенеза ССГ ведущая роль отведена гиперосмолярности и воспалению.

3. Рациональная фармакотерапия ССГ в зависимости от тяжести заболевания. Также Международный комитет разработал следующие классификации ССГ в зависимости от этиологии, механизмов и стадий развития заболевания.

Недостаточность слезопродукции:

1. Ассоциированный с синдромом Шегрена: первичный и вторичный типы.

2. Неассоциированный с синдромом Шегрена: недостаточность количества слезы, нарушение иннервации слезных нервов, обструкция слезных протоков, системное влияние лекарственных препаратов.

Нарушение испарения слезной жидкости:

1. Внутренние причины: прием лекарственного препарата «Аккутан» (ретиноиды), снижение мигательных движений, нарушение формы век и разреза глазной щели, снижение мейбомиевого секрета желез.

2. Внешние причины: перенесенные заболевания передней поверхности глазного яблока (аллергические, инфекционные, вирусные), использование контактной коррекции, авитаминоз А, токсическое действие консервантов в глазных каплях [6].

При ассоциированном синдроме Шегрена первичного типа происходит снижение секреции слезных и слюнных желез, сопровождающиеся жжением в глазах и сухостью носоглотки. Таким образом, недостаточная выработка слезных компонентов приводит к ССГ. В таких случаях проводится комплексная симптоматическая терапия для предотвращения вто-

ричного инфицирования слизистых оболочек. Для устранения сухости эпителиального слоя глаза назначается искусственная слеза, ношение мягких контактных линз, промывание глаз растворами антисептиков. Вторичный тип Синдрома Шегрена возникает на фоне серьезных аутоиммунных заболеваний, таких как: системная красная волчанка, ревматоидный артрит, ограниченный или прогрессирующий системный склероз, рассеянный склероз.

При неассоциировании с Синдромом Шегрена недостаточность слезопродукции характеризуется физико-химическими нарушениями в организме человека.

При нарушениях испарения слезной жидкости играют роль внутренние и внешние причины, в таких случаях улучшение наступает быстрее, поскольку существующие способы лечения направлены на данный тип причины заболевания.

Для правильной постановки диагноза – синдрома сухого глаза необходимо провести сбор анамнеза, субъективной и объективной симптоматик пациента, также клинические пробы, в том числе определение физиологической и рефлекторной слезопродукции и увлажненности глазной поверхности с использование теста Ширмера I и II, проба Норна, окрашивание роговицы специальными красителями. Симптомы могут быть разделены с помощью одного из нескольких опросных листов, в том числе с помощью Индекса Поверхностных Глазных Заболеваний (OSDI), предназначенного для оценки поверхностных симптомов заболевания, их влияния на зрительные функции. Тяжесть синдрома сухого глаза может варьировать от очень легкой формы заболевания до тяжелых случаев, приводящих к развитию глазной инфекции, перфорации, эндофтальмита и слепоте, а также крайне тяжелых форм, угрожающих жизни больных. Тяжесть субъективной симптоматики не обязательно должна коррелировать с результатами клинического обследования [7].

Наиболее распространенным действующим веществом современных слезозаменителей является гиалуроновая кислота (ГК). По химической структуре ГК – несульфатный гликозаминогликан, является естественным компонентом тканей глаза, входит в состав стекловидного тела, является составляющей частью слезы. ГК присутствует в роговице человека, является одним из важных веществ внеклеточного матрикса и влияет на физиологические процессы ее гидратации. ГК способна усиливать процессы регенерации, что улучшает состояние эпителия роговицы и конъюнктивы. Кроме стимуляции миграции клеток эпителия роговицы и репаративных процессов в строме роговицы и бульбарной конъюнктивы ГК оказывает увлажняющее действие. Оптимальная концентрация ГК в составе слезозаменителя – 0,1-0,3%. При концентрации ≥0,1% молекулы ГК перестают контактировать между собой, а при более высоких концентрациях молекулы ГК, образующие «клубки», начинают проникать друг в друга и формируют трехмерную молекулярную сеть или «губку», связывающую воду. При превышении концентрации 0,3% возможно ухудшение переносимости препаратов из-за значительного увеличения их вязкости, что может усилить негативные влияния ССГ [8].

Синдром сухого глаза часто сочетается с блефаритом и может привести к тяжелым и необратимым ксеротическим изменениям и даже перфорации роговицы. Осложнения сухого глаза появляются при отсутствии адекватной реакции человека на стандартную симптоматику патологического процесса. Осложнениями синдрома сухого глаза могут быть конъюнктивит, блефарит, кератит, язва роговицы, частое поражение глаз инфекцией. Также частой причиной ССГ являются негативные свойства некоторых компонентов глазных капель, например, консервантов. Известно, что капли, содержащие консервант, в 2 раза чаще вызывают поражение роговицы. Наиболее часто встречающийся консервант бензалконий хлорид (БХ) почти в 70% случаев вызывает на глазной поверхности изменения той или иной степени выраженности. Многочисленные экспериментальные исследования подтверждают токсический эффект БХ, вызывая патологические изменения поверхности глаза кролика, совпадающие с явлениями ССГ у человека. Это выражается в снижении базальной секреции, уменьшении плотности бокаловидных клеток, снижении секреции муцина. В статье [9] приводятся последние данные о выявлении признаков ССГ у 80,1% больных глаукомой, получавших длительное лечение глазными каплями с консервантами. Вместе с тем, в последнем перечне из 24 препаратов искусственной слезы, применяемых в нашей стране, 9 видов содержат в качестве консерванта БХ.

Хирургическим методом лечения ССГ является обтурация слезоотводящих путей, которая позволяет существенно повысить эффективность инстилляций искусственной слезы в комплексном лечении больных с синдромом сухого глаза со снижением слезопродукции, в том числе комбинированным с нарушением стабильности слезной пленки. Наименее травматичным способом постоянной обтурации слезоотводящих путей является закрытие слезных точек силиконовыми пробочками окклюдерами. Наиболее надежным, однако, с другой стороны, самым травматичным способом постоянной обтурации слезных канальцев является их перевязка, эффективная во всех случаях повторной постоянной обтурации слезоотводящих путей. Покрытие слезных сосочков конъюнктивой занимает промежуточное положение по травматичности и эффективности между закрытием силиконовыми окклюдерами слезных точек и перевязкой слезных канальцев. При обтурации слезоотводящих путей целесообразно блокировать оба слезных канальца, не ограничиваясь обтурацией только нижнего. Однако хирургические методы необходимо применять только в том случае, когда все остальные способы не возымели успеха, поскольку любое вмешательство в организм человека имеет последствия. Кроме того, постоянная обтурация слезоотоводящих путей может привести к ухудшению течения синдрома сухого глаза, спровоцировать рост инфекции и воспаления [10].

Слезная железа имеет тройную иннервацию: чувствительную через n. lacrimalis trigomini, симпатическую через симпатические волокна, приходящие с n. lacrimalis, и парасимпатическую из n. intermedio-facialis. Изолированное раздражение n. lacrimalis, лицевого нерва и шейного симпатикуса вызывает усиленную секрецию слезной железы [11].

Лечение синдрома сухого глаза с помощью нейростимуляции слезных желез как главной, так и добавочных, могло бы стать тем решением, которое необходимо на данный момент. Интраназальная нейростимуляция способна лечить ССГ эффективнее, поскольку будет являться неинвазивным методом лечения, что имеет преимущество перед хирургическими способами. Также с биологической точки зрения слезная жидкость, выделяемая при раздражении, будет исключительно натуральным продуктом, продуцируемым организмом человека, нежели слезозаменители. Устройство для интраназальной нейростимуляции образовывает слезы путем генерации электрических импульсов, что, в свою очередь, воздействует на слезные железы, иннервируя их. Таким образом, с помощью устройства можно лечить такие формы ССГ, как нарушение слезопродукции неассоциированного с синдромом Шегрена, и все типы нарушений испарения слезной жидкости.

Литература

1. Бржеский, В.В.. Синдром «сухого глаза» / В.В. Бржеский. Н.Е. Сомов – СПб.: «Аполлон», 1998. – 96 с.
2. Фалхут, О.С., Полунина, Е.В. // Рациональный подход в диагностике и лечении синдрома сухого глаза/ Медицинский совет. – 2010. – № 5-6. – С. 100-104.
3. Останина, Д.А., Коробинцева, К.Н. // Распространенность синдрома сухого глаза среди лиц молодого возраста/ Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2018. – № 1 (20). – Т. 1. – С. 38-41.
4. Ковалевский, Е.И.. Офтальмология / Е.И. Ковалевский. – М.: Медицина. – 1995. – 497 с.
5. Бойкота, Н.Н. Офтальмология: Учебное пособие/ Н.Н. Бойкота – М.: РИОР. – 2007. – 320 с.
6. 2007 Report of the International Dry Eye WorkShop (DEWS): The Ocular Surface / 2007. – V.5. – № 2. – 204 p.
7. Сафонова, Т.Н., Сикач, Е.И., Ожередов, И.А. //Современные методы исследования стабильности слезной пленки / Вестник офтальмологии. – 2019. – № 5. – С. 92-98.
8. Егоров, Е.А., Романова, Т.Б. // Влияние состава слезозаменителей на эффективность и переносимость терапии при синдроме «сухого глаза» / Киническая офтальмология. – 2016. – Т. 16. – № 3. – С. 151-154.
9. Бржеский, В.В., Радхуан, М.Р. // Сравнительная эффективность методов обтурации слезоотводящих путей в лечении пациентов с синдромом сухого глаза / Вестник офтальмологии. – 2019. – № 1. – С. 12-20.
10. Белый, Ю.А., Терещенко, А.В., Юдина, Н.Н. Пат. № 2 391 956 РФ, Способ обтурации слезных канальцев при синдроме «Сухого глаза», заявл. 27.11.2008; опубл.20.06.2010. Бюл. 17, 5с.
11. Иннервация слезной железы. Синдром Съегрена и слезотечение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://meduniver.com/Medical ophtalmologia/innervacia_sleznoi_gelezi.html.

Элементы проблемного обучения с использованием междисциплинарных гуманитарных связей в традиционном курсе технического предмета

Ф.Р. Вераксич, В.М. Михлик, Е.А. Моторин, С.А. Петрова,
студенты 2 курса кафедры материаловедения
факультета машиностроительных технологий,
Г.А. Базанчук,
директор музея,
С.В. Кураков,
сотрудник музея, старший преподаватель кафедры метрологии и взаимозаменяемости факультета машиностроительных технологий;
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
e-mail: gbazanchuk@yandex.ru

***Аннотация**. В статье рассказывается об опыте внедрения элементов проблемного обучения в стандартные курсы учебных дисциплин «Материаловедение» и «Метрология, стандартизация и сертификация», читаемые в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Применение подобной практики вызвано необходимостью усилить интерес и мотивацию студентов к предмету изучения, когда вследствие режима самоизоляции при пандемии лекции проводились в дистанционном (удаленном) формате, а также призвано популяризировать науку и научную деятельность в области машиностроительных технологий с использованием гуманитарных приемов в преподавании технических наук.*
***Ключевые слова:** дистанционное образование, междисциплинарные связи, гуманитаризация образования, наглядность.*

Elements of problem-based learning using interdisciplinary humanitarian connections in a traditional course of a technical subject

F.R. Veraksich, V.M. Mikhlik, E.A. Motorin, S.A. Petrova,
2nd year students of the Materials Science Department
of the Faculty of Mechanical Engineering Technologies,
G.A. Bazanchuk,
Director of Museum,
S.V. Kurakov,
Museum Employee, Senior Lecturer,
Department of Metrology and Interchangeability
of the Faculty of Mechanical Engineering Technologies;
Bauman Moscow State Technical University

Abstract. *The article describes the experience of introducing elements of problem-based learning into standard courses of the disciplines «Materials Science» and «Metrology, Standardization and Certification», taught at the Bauman Moscow State Technical University. The article describes the experience of introducing elements of problem-based learning into standard courses of the disciplines «Materials Science» and «Metrology, Standardization and Certification», taught at the Bauman Moscow State Technical University. The application of such practice is caused by the need to strengthen the interest and motivation of students to the subject of study, when, due to the regime of self-isolation during a pandemic, lectures were held in a remote (remote) format, and also designed to popularize science and scientific activity in the field of engineering technologies using humanitarian techniques in teaching technical sciences.*
Keywords: *distance education, interdisciplinary connections, humanitarization of education, visibility.*

Режим самоизоляции при пандемии резко ограничил или вообще отменил присутствие студентов в МГТУ им. Н.Э. Баумана, как и в целом ряде других вузов. На первый план вышли технологии дистанционного образования с применением различных платформ удаленного доступа, позволяющих проводить занятия в режиме конференции онлайн. Очень резко и неожиданно потребовалась «оцифровка» учебного, лекционного, раздаточного и вспомогательного материалов. Эта работа велась на кафедрах и до пандемии, но при сложившихся обстоятельствах в 2020 году цифровизация в высшей школе приобрела приоритетный характер и первоочередное направление деятельности. В этой связи мы расскажем о давней нашей идее, реализация которой постоянно откладывалась в силу постоянной загруженности учебной и научной работой наших коллективов. Как говорится: «Не было бы счастья, да несчастье помогло».

Опустим дидактические подробности и перейдем к сути вопроса, сразу обозначив, что реализуемые методы проблемного обучения нисколько не заменяют и не уменьшают в часах классический учебный курс. Факультативно, в рамках небольшой викторины, студентам второго курса было предложено найти отображение средств измерений, метрологических и математических инструментов, деятельности ученых - метрологов на картинах и полотнах художников, предметах и объектах декоративно-прикладного искусства, в образцах графики и гравюрах, в иллюстративном материале и различных литературных жанрах – поэзии, прозе, фольклоре и пр. Выбор темы был свободным, единственное ограничение было по жанру искусства и временному историческому материалу, например, исследовались произведения советской графики, полотна английских художников в период первой промышленной революции, эпохи Возрождения и т.д.

Надо сказать, что подобный междисциплинарный прием абсолютно не нов и достаточно давно и успешно применялся еще в советской педагогике, например, на занятиях по истории искусств, когда преподаватель, пользуясь накопленным иллюстративным материалом (художественные

альбомы, наборы репродукций или открыток, цветные вырезки из журналов и т.д.), ставил перед обучаемыми задачу по синтезу и анализу [2] общих закономерностей в стилях, композиции, цветопередачи и пр., или, наоборот, показывал разницу в художественных приемах между одинаковыми и общими течениями в искусстве [3]. Единственное, что существенно отличает наш современный подход, так это значительное за последнее десятилетие развитие сети Интернет, поисковых систем, цифровых библиотек, а также медийного пространства художественных музеев, галерей, частных собраний и коллекций. Согласитесь, еще совсем недавно подобный системный поиск был бы попросту невозможен или невыполним в силу широкого международного и территориального распространения шедевров изобразительного искусства. Некогда существовавшая изоляция предметов искусства [4] вдруг исчезла, и появились, растущие с каждым годом, цифровые ресурсы, позволяющие за короткое время провести просмотр и выборку интересующих нас фактов и примеров.

В ходе выполнения задания студенты, участвующие в данном проекте добровольно, провели системный поиск по своей теме, просмотрели сотни графических файлов и отобрали нужный материал, который представили в виде презентаций (формат .ptt, .pttx) с элементами динамической анимации, подготовили пятиминутные доклады и расчетно-пояснительные записки, в которых научились правильно оформлять ссылки на интернет-источники, статьи известных искусствоведов, изучили классические подходы по данной проблематике. Добавим, что к нашему факультативу привлекались только те студенты, которые полностью выполнили учебный план по дисциплинам «Материаловедение» и «Метрология, стандартизация и сертификация» за семестр, т.е. выполнили домашние задания и лабораторные работы, прошли рубежные контроли. Итогом стала онлайн конференция, в ходе которой прозвучали доклады с мультимедийной демонстрацией материала, а летом 2021 года такой семинар мы смогли провести в музее МГТУ им. Н.Э. Баумана в очном формате (Фото 1).

Несомненной удачей и неожиданным подарком для всех стало присутствие на конференции двух гостей музея МГТУ им. Н.Э. Баумана – Николая Федоровича Шевкунова, известного ростовского медальера и Константина Родиславовича Чернявского – скульптора, Заслуженного художника Российской Федерации. Студентам-материаловедам было интересно послушать рассказ Мастера о свойствах цветных и черных сплавов, применяемых в медальерном искусстве, о проблемах формирования рельефа, различных способах обработки давлением, а также необходимости измерительного контроля на всех этапах производства художественных изделий. Гости музея высоко оценили работы бауманцев, были приятно удивлены глубокими знаниями и эрудицией ребят по своему художественному направлению и ремеслу, высказали ряд важных критических пожеланий и замечаний к докладам и незаметно сами слились со студенческим коллективом, отвечая на возникшие у будущих металловедов вопросы (Фото 2).

Фото. 1. Студенты группы МТ8-41Б Петрова София и Михлик Владислав рассказывают о метрологии древнего Китая в музее МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Фото 2. Известный медальер Н.Ф. Шевкунов рассказывает о своей удивительной профессии и делится секретами ремесла. Справа – фрагмент памятной медали «60-лет первому полету человека в космос», выполненная в сложной комбинированной технике – подарок музею МГТУ им. Н.Э. Баумана от автора.

Как видим, диалог «технарей» и «гуманитариев» оказался возможен, хотя, по нашему скромному мнению, это деление зачастую оказывается условным и стереотипным. Тем более, что инженерные познания худож-

ников, работающих с металлом, оказались чрезвычайно высоки и ценны и Н.Ф. Шевкунов взял со студентов обещание – выучить марочник по цветным сплавам. Наизусть.

Понятно, что авторы статьи – лица заинтересованные и в чем-то субъективные, но позволим себе опубликовать отзывы от студентов, полученные по обратной связи через e-mail:

«Очень понравилось. Было очень интересно и необычно. Кто бы мог подумать, что метрологические приборы можно найти на полотнах, плакатах и гравюрах. Спасибо большое за такую интересную работу и бесценный опыт».

«Честно говоря, очень понравилось. Хотим выразить Вам огромную благодарность, что предлагаете и помогаете студентам заниматься какими-то творческими занятиями. Хоть немного отвлекает от учебы и рутины».

«Здравствуйте, просматривала работы в этих стилях, ничего не нашла. Зато узнала, что стилей в искусстве намного больше, чем я знала».

«Спасибо Вам большое за этот опыт! И спасибо за курс!».

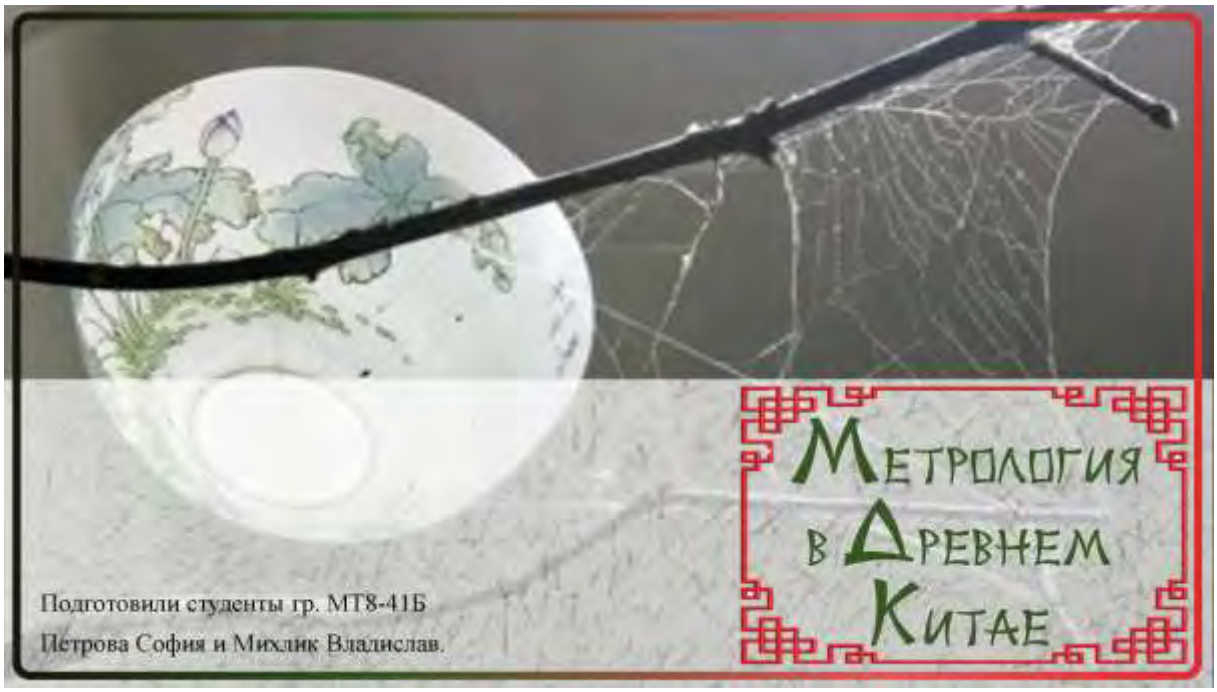
Накопленный опыт и материал дает возможность разделить и систематизировать творческие проекты студентов по трем крупным группам, что позволяет обнаружить несколько измененные цели и задачи нашего проекта. Кроме того, мы определим перспективы и направленность методики и проверим ее востребованность в современном образовательном процессе.

К первой группе относятся темы и работы, связанные с историческими (археологическими) метрологией и материаловеденим, освещающие культуру, искусство и быт древних ушедших цивилизаций, таких как ацтеки, инки, шумеры и пр. К этому направлению можно добавить древнеславянскую, древнегерманскую и другие эпохи, культурное наследие которых дошло до наших дней благодаря археологическим находкам и письменным памятникам.

Во вторую, наиболее яркую и красочную группу творческих работ мы определим проекты, связанные с отображением деятельности ученых (математиков, физиков, астрономов, химиков и др.) и особенно их математического и измерительного инструментария на картинах, полотнах, гравюрах и эстампах, рисунках – в различных техниках и жанрах художественного и декоративно-прикладного искусства.

К третьей группе проектов следует отнести темы, междисциплинарно связанные с метрологией и материаловедением или относящиеся к специализированной деятельности инженера-метролога, инженера-материаловеда.

В качестве примера студенческой проектной творческой деятельности в статье полностью приводятся две презентации, выполненные студентами 2 курса кафедры материаловедения факультета машиностроительных технологий МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2021 году: «Метрология в Древнем Китае» (авторы – Софья Петрова и Владислав Михлик) и «Ремесло и Искусство: эволюция технологии чеканки и ее влияние на рельеф медалей и монет» (авторы – Егор Моторин и Филипп Вераксич).


Метрология
в Древнем
Китае
Подготовили студенты гр. МТ8-41Б
Петрова София и Михлик Владислав.

Цель проекта
✓ Ознакомиться с основными этапами богатой истории Древнего Китая и найти базовые единицы измерения, использовавшиеся в практической и экономической деятельности народа
✓ Найти отображения истоков метрологии в культуре Древнего Китая на примере данных археологических находок, музейного наследия, древних литературных источников
✓ Изучить современные методы исследования памятников древней культуры на примере Китая

Свиток на шелке VII в. до н. э.: культурные герои-первопредки китайцев Фу-си и Нюй-ва с символами круга (циркуль) и квадрата (угольник) – это одно из первых известных изображений с измерительными инструментами

Введение

Начнем мы, пожалуй, с описания древнекитайского мифа о сотворении человечества. Согласно нему, соединение спасшихся от всемирного потопа брата и сестры — Фу-си и Нюй-вы — в супружескую пару произошло для возрождения погибшего при катастрофе человечества. Изображают героев китайского пантеона Богов с двумя легко узнаваемыми атрибутами - циркулем и угольником, которые символизируют основы и принципы мироздания.

Внутренняя витрина выставочного зала Института метрологии Шаньдуна

Введение

За долгую историю Китая меры, употреблявшиеся в экономике, промышленном производстве и сельском хозяйстве, изменялись много раз. Мало того, изменялись не только сами меры, но и соотношения между единицами системы мер. Отсутствие точного представления о существовавших на различных этапах китайской истории системах мер приводит ко многим неточностям и ошибкам, в том числе и в оценках экономической жизни страны.

Введение

Территориальная удаленность и обособленность Китая от центров торговли с европейскими и азиатскими странами способствовали формированию китайской системы мер.
В результате контактов Кореи и Японии с Китаем, большинство единиц измерения этих стран стали аналогами китайских мер.

Основание китайской системы мер

В тексте «Истории Ранней династии Хань» (I в. н. э.), установление мер в Китае приписывается одному из культурных героев, с которого начинается первая всеобщая история Китая, — легендарному императору Хуан-ди (ок. 2597 до н. э.).
Его считают изобретателем топора, лодки и весла, ступки и пестика, лука и стрел, платья и туфель, а также Хуан-ди **разделил земли на наделы**. Его сподвижники создали иероглифическую письменность и календарь.

Желтый Император, гравюра на дереве Ган Бозонга (период Танг 618-907)

Основание китайской системы мер

По данным словарей Сяо эръя и Кунцзы цзяюй, единицы длины произошли от длины частей тела. «Исторические записки» показывают одну из особенностей древней системы, когда единицы измерения не имели однозначную протяжённость. Согласно данным историков, унификация системы единиц измерения Древнего Китая была проведена в эпоху правления Императора по имени Юй Великий 大禹 (мифология Древнего Китая).

Вверху: Бронзовая гиря с указом императора Цинь Шихуана. Династия Цинь (221—206 гг. до н.э.). Музей Ганьсу.

Справа: Юй Великий (2075 до н.э. – 2025 до н. э.)

Основание китайской системы мер

В Китае эпохи политической раздробленности, как и в средневековой Европе, в каждом владении были свои меры длины, емкости и веса, а эталоны одноименных единиц в разных государствах сильно отличались друг от друга. Политическая централизация призвана была существенно изменить это положение. Апогея реализация идеи универсализма достигает в империях Цинь и Хань.

Бронзовая рулетка времен династии Хань раскопки в округе Цзычан. Исторический музей Шэньси, Сиань

Линейка из позолоченной бронзы – 1 чи = 231 мм. Западная Хань (206 г. до н.э. – 8 г. н.э.). Город Ханьчжун

Основание китайской системы мер

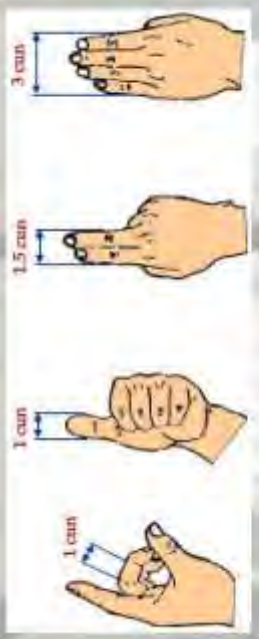
Первый китайский император, Цинь Ши хуанди, в 221 г. до н. э. объединивший Китай, унифицирует меры длины, емкости и веса вместе с осями повозок и письменностью. Эта стандартизация, проведенная на основе метрологической реформы царства Цинь, должна была облегчить развитие экономических связей между бывшими китайскими царствами и явилась неотъемлемым элементом унификации налоговой системы.

Портрет Цинь Ши хуанди (259 до н. э. — 210 до н. э.)

Пайсяо (панфлейта) (Китай, XIX в., дерево, бамбук, лак) Музей изящных искусств в Бостоне

Меры длины

Базовой единицей мер длины в Китае с древнейших времен служит **чи** , эталоном которого считалась длина свирели Хуан-ди. Свирель состояла из 12 одинаковых по диаметру трубок, длина которых была подобрана так, что они составляли хроматическую гамму. Стандарт дополнялся определенным количеством зерна черного проса, вес и размеры которого были довольно постоянны. Наибольшая трубка свирели была измерена просяными зернами, причем оказалось, что ее длина равнялась 81 зерну, положенному по длине, и 100 зернам, уложенным по толщине зерен. Отсюда возникло двоякое деление меры длины: 9 раз по 9 зерен получили название музыкального чи, 10 раз по 10 зерен — обыкновенного чи.



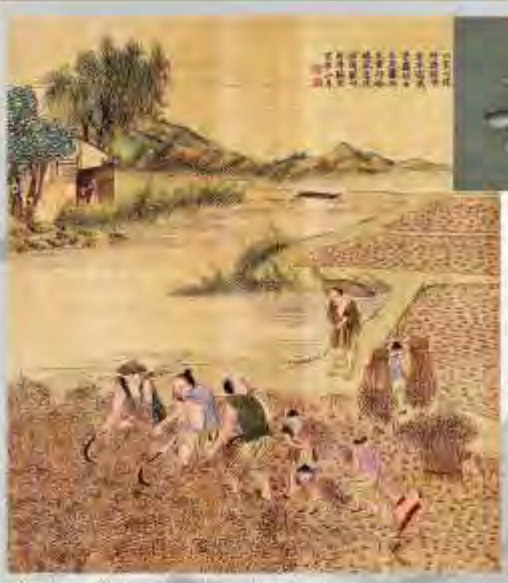
Меры длины

В традиционной китайской медицине для проведения иглотерапии и точечного массажа для измерения расстояния на теле использовался "индивидуальный **цунь**", равный расстоянию между двумя складками, образуемыми при сгибе среднего пальца на второй фаланге (у мужчин на левой, у женщин на правой руке). Цунь близок к русскому вершку и британскому дюйму; **чжи** равен длине женской ладони (8 цунь); **чи** («фут») — согласно традиции, равен длине разжатой ладони (10 цунь). Также используется "пропорциональный **цунь**" – результат деления определенного расстояния на известное число частей. Например, на голове расстояние от передней до задней границы волосистой части равно 12 цуням.

Участок Мутяньюй (Mutianyu) Великой Китайской стены.

Меры длины

Великую Китайскую стену называют "Стеной длиной в 10 000 ли" Название "Вань-ли Чанчэн" (万里长城, Wan Li Changcheng) появилось во времена династии Цинь (221-206 до н. э.). "Вань" означает "10 000", а 1 ли равняется половине километра, "Чанчэн" - "Длинная стена". И действительно, во времена правления династии Цинь именно такова была длина Китайской стены. Стену продолжали строить, она увеличивалась в последующие века, но, несмотря на это, название "Стена длиной в 10 000 ли" сохранилось.



Сбор урожая риса. Роспись по шелку, около 1650-1726 гг.

Меры площади

С древности для измерения площади в Китае использовались следующие меры: **бу** («двойной шаг»), **му**, **ли** и **цин**. Ранние сведения о первых трех единицах переплетены с преданием об идеальной системе *цзин тянь* - «колодезных полей» (точнее, полей, границы между которыми имеют форму иероглифа «цзин» — «колодец», образованную четырьмя попарно пересекающимися линиями. По мнению философа Мэн-цзы (ок. 372-289 до н. э.), суть ее заключалась в том, что квадратное поле размером в 900 му (1 му = 0,16 га) делилось на 9 равных участков, из которых центральный участок (гун тянь, т. е. "общее поле") обрабатывался совместно 8-ю семьями и продукт производства с этого поля передавался властям в качестве налога.

Молотьба, сушка и сортировка риса. Бумага, тушь, краски, 13-14 вв.

Меры объема

Ханьская система мер емкости была зарегистрирована в 9 году н. э. в так называемых нормальных мерах императора Ван Мана. Этот эталон чрезвычайно характерен для китайского мышления, в частности в области метрологии. Эталон представлял собой соединенные вместе три бронзовых сосуда. С их помощью возможно определить пять единиц емкости: 1 ху = 10 доу = 100 шэн = 1000 гэ = 2000 юэ. Кроме того, глубины сосудов определяли длины чи и цунь. Но, мало и этого. Каждый из сосудов служил камертоном и при ударе издавал основной тон хроматической гаммы в разных октавах. Величина (содержание) мер емкости постоянно росла, что неудивительно в стране, где налоги собирали зерном.

Сверху: гиря, набранная из монет.

Справа внизу: круглая бронзовая гиря (488 грамм) с изображением мифического существа. Династия Хань, 2 в. до н. э.

Меры веса

В конце III в. до н. э. при императоре Хуан-ди была сделана первая известная попытка введения десятичных соотношений между единицами веса. При Поздней Хань содержание единиц веса было несколько уменьшено, но система сохранилась и в таком виде просуществовала до эпохи Сун (960-1279 гг.), когда были введены десятичные соотношения для большинства весов. Эта система дошла до наших дней. Проверка мер веса и выпуск эталонов неоднократно производились после реформы Хуан-ди: первый раз – при Ван Мэне (9 г. н. э.), последний - императором Шэи-цзу (Канси, 1704 г.).

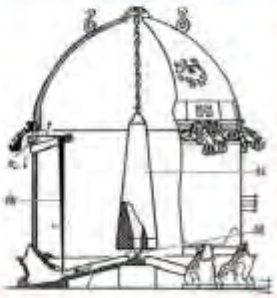
Древние средства измерения

В мае 1992 г. в гробнице эпохи Восточная Хань был найден медный штангенциркуль. По форме и функции он поразительно напоминает современный. Этим прибором можно было измерять наружный диаметр, глубину паза, длину, ширину, толщину объекта удобнее и точнее, чем линейкой.
К сожалению, из-за возраста, основная шкала прибора, содержавшая цену деления, масштаб и числовую последовательность, оказалась поражена коррозией и надписи видно неразборчиво.

Штангенциркуль, длина 13,3 см
Найден в гробнице эпохи Восточная Хань

Древние средства измерения

В 132 году н. э. гениальный китайский астроном, математик и инженер по имени Чжан Хэн представил суду Хань впечатляющее изобретение - первый в мире **сейсмоскоп**. Когда происходило землетрясение, даже если оно было слишком слабым, чтобы его можно было почувствовать, маятник качался вместе с дрожащей землей и выбивал металлический шар из пасти дракона в пасть лягушки. Направление, с которого падал шар, указывало, откуда происходили толчки. Падающий шар также издавал громкий звук, когда он приземлялся в рот лягушки.



Древние средства измерения

В том же 132 году Чжан Хэн изобрел несколько астрономических инструментов, в том числе армиллярную сферу (небесный глобус), приводившуюся в движение водой. Он разделил ее окружность на 365¼ градусов – по числу дней в году. Армиллярная сфера представляет собой прибор, состоящий из системы взаимосвязанных металлических кругов (колец). В разных армиллярных сферах число колец было различно. Армиллярная сфера Чжан Хэна с клепсидрой, вероятнее всего, состояла из двух колец.

Армиллярные сферы династии Мин, 1473 г.

Древние средства измерения

Первое известное упоминание о **солнечных часах** в Китае относится примерно к 1100 году до н.э. Нужно отметить, что гномоника Древнего Китая была тесно связана с астрономией. Так, в VII веке до н. э. китайские учёные с помощью гномона («многофункциональный» прибор: солнечные часы и одновременно с этим астрономический инструмент) установили по длине тени в полдень - даты летнего и зимнего солнцестояния, а также весеннего и осеннего равноденствия.

Экваториальные солнечные часы в Запретном городе

Древние средства измерения

Огненные часы - представляли собой восковые свечи, палочки или шнуры, сгорающие за определенное время до условной черты. Зачастую на разные участки их длины прикрепляли груз, который в момент перегорания на определенном участке падал и, ударяясь о металлическую основу – поднос или тарелку, своим звуком информировал о прошедшем отрезке времени.
До 1645 года (до династии Цин) меры времени были несколько другими, чем привычные нам:

1 жи = 12 шичэнь = 10 ши = 100 кэ
(1 жи = 24 часам).

Китайские огневые часы, VI век.

Древние средства измерения

Наиболее распространёнными в Китае приборами для определения текущего времени суток стали **водяные часы**, состоящие из нескольких сосудов, расположенных один выше другого. В каждом из сосудов проделывалось боковое отверстие, через которое вода с заданной скоростью постепенно переливалась в нижестоящий сосуд. В итоге вода из всей системы сосудов постепенно собиралась в самой нижней емкости, где имелась показывающая уровень воды (и соответствующее ему время суток) градуированная шкала.

Медная клепсидра (водяные часы). Произведены в часовой мастерской Императорского двора в 1799 г.

Российский и китайский лидеры: В.В. Путин и Си Цзиньпин.

О сотрудничестве

Законодательство Китая в области метрологии было разработано еще в 1980-е годы при поддержке СССР, и сегодня КНР хотела бы перенять российский опыт модернизации законодательной базы в условиях свободного рынка. Среди ключевых вопросов - как поделено регулирование в области метрологии между государственной и частной сферой, а также разграничение полномочий метрологов и контрольно-надзорных органов в области метрологического надзора, исключающее конфликт интересов.

Выводы

Над вопросами китайской метрологии работали многие видные китайские и японские ученые, такие как Цянь Тан и У Да-чэн, Ван Говэй, Ян Куань и Адати Кироку. С их помощью можно заметить, что система измерений Древнего Китая стала **десятичной** задолго до принятия Национальным Конвентом закона о введении метрической системы СИ в 1795 году во Франции.

На примере уникальных памятников культуры, мы можем увидеть, что зарождение истоков метрологии как науки неразрывно связано с развитием древней китайской Цивилизации.

Ремесло и Искусство:
эволюция технологии чеканки и ее влияние на рельеф медалей и монет
Проект выполнили студенты гр. МТ8-41Б
Моторин Егор и Вераксич Филипп

Цель работы
❖ Ознакомиться с историей способа обработки металлов давлением – чеканкой применительно к монетному делу и медальерному искусству;
❖ Узнать основные художественные особенности, стили и направления данного вида искусства;
❖ Проследить влияние развития технологии чеканки на возможности выражения замысла художника;
❖ Выяснить критерии качества и точности данного способа обработки давлением и выявить причины возникновения дефектов при чеканке.

История появления металлических денег

Вопрос появления монет неразрывно связан с историей развития нашей цивилизации. Занявшись ещё в глубокой древности обменом, люди поняли, что дело это насколько полезное, настолько же и трудное. Ведь организовать даже прямой обмен одного блага на другое — бартер — весьма непросто. Для этого надо найти того, кто готов отдать (уплатить) за принадлежащее тебе благо другое благо — то, которое нужно тебе самому.

Сцена обмена товарами на мозаике Древнего мира.

История появления металлических денег

❖ Ранний этап

В процессе развития обмена определились свойства, которыми должны были обладать «вещные деньги», чтобы быть деньгами:

- делимость
- прочность
- износоустойчивость
- узнаваемость
- способность к длительному хранению
- высокая стоимость
- редкость

Ранние монеты из Лидии и Кизика, конец VI в. - последняя треть IV в. до н.э.

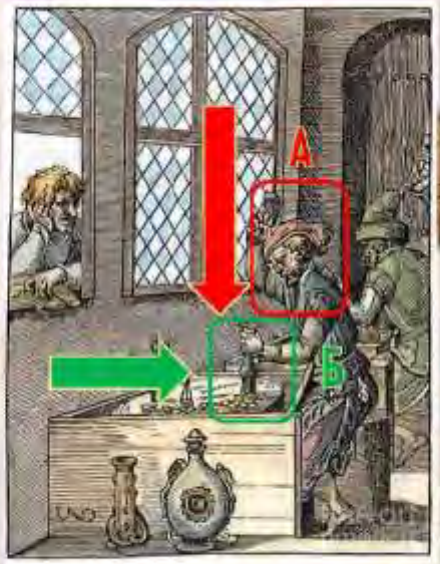
История появления металлических денег

❖ Поздний этап

Следующий этап развития монет настает с появлением первых государств. Целесообразность чеканки появляется тогда, когда на определенной территории, будь то город или княжество, герцогство и т. д. Существует централизованная власть, которая постановляет, что на данной территории разрешается покупать и продавать что-либо только используя местную монету.

Древнеримские монеты правления Элия Флацилла

Основные термины технологии чеканки



«Офицер Монетного двора», гравюра Йоста Аммана, нач. 16 в.

Терминология обработки металлов давлением очень обширна и включает в себя понятия из смежных областей механической обработки. В нашем проекте для наглядности мы уделим внимание и выделим две главные составляющие технологии чеканки:

❖ источник кинематической энергии и напряжений, позволяющий превысить предел текучести металла;

❖ инструмент и оснастка, с помощью которого формируется рельефное изображение на металле.

С помощью инфографики мы отобразим важные изменения в технологии для удобства зрителей и слушателей.

Ранние технологии чеканки
Ручной чекан

При ручной чеканке деньги изготавливали исключительно ручным способом при помощи двух штемпелей и молотка.

Схема чеканки вручную
1. Монетная пластина
2. Верхний штемпель
3. Нижний штемпель
4. Наковальня
5. Клинья

Ранние технологии чеканки
Ручной чекан

После падения Рима денежное обращение окончательно пришло в упадок. Захватчики использовали награбленные римские монеты, пока их ресурс не был исчерпан, и многочисленные варварские королевства не столкнулись с нехваткой денежных средств. Из-за отставания уровня технического и эстетического развития завоевателей, первые монеты вестготов, лангобардов, франков и англосаксов были до крайней степени условны, грубы, примитивны и небрежно оформлены.

Денарии VI-VII веков

Ранние технологии чеканки
Ручной чекан

Основатель новой династии Каролингов Пипин I Короткий (751-768) выпустил в обращение монеты нового образца - "novus denarius", или новый денарий. Именно при его правлении были предприняты первые попытки унификации выпускаемых монет. Монеты чеканились на тонком серебряном кружке весом около 1,5 грамм из высокопробного серебра. Эти монеты впоследствии послужили образцом для чеканки пфеннига в Германии, пенни – в Англии, денье – во Франции, а позднее и по всей Европе.

Денарии IX-XI веков

Ранние технологии чеканки
Средневековые брактеаты

Брактеат представляет собой тончайшую серебряную пластинку с **односторонним** чеканным изображением. На реверсе они имеют вдавленный негативный рисунок лицевой стороны. Вес такой монеты колеблется от 1 до 0,11 г. Максимальный ее диаметр достигает 45—51 мм, минимальный— 12 мм. Многие образцы этих самобытных монет стали превосходными шедеврами мелкой пластики романского стиля. Однако, со временем на смену изысканным композициям пришли незамысловатые и грубые изображения. Крайней степени деградация брактеатов достигла, когда для ускорения процесса их начали чеканить «пачками», т. е. когда под штемпель стали подкладывать сразу несколько заготовок. Брактеаты изначально были тупиковой ветвью развития денег и с экономической, и технологической точки зрения. К середине 15 века они окончательно были вытеснены из обращения полновесными двусторонними монетами.

Б

Сверху: штемпель для чеканки брактеатов; внизу: средневековые брактеаты

Ранние технологии чеканки
Железные штемпели Эдуарда

В XIII веке монеты по-прежнему чеканились вручную железными или стальными штемпелями. Благодаря росту мастерства художников и граверов, которые в большинстве своем были профессиональными ювелирами, заметно выросло качество оформления монет. Легенды приобрели опрятность, буквы утратили прежнюю угловатость и постепенно начали приобретать рисунок рукописных литер. Нижний штемпель имел острый шип, с помощью которого он надежно закреплялся в массивной деревянной колоде. На торец нижнего штемпеля накладывалась монетная заготовка, а сверху приставлялся верхний штемпель, который мастер держал в руке. Такой тип чеканки в немецкой литературе получил образное название **«чеканка кулаком»** (Pragen mit der Faust).

Железные штемпели монет Эдуарда I (1272-1307) и его серебряный пенни

Ранние технологии чеканки
Проблемы качества

Для производства даже небольшой монеты чеканщику приходилось прикладывать значительные физические усилия. Из-за массовых тиражей и ручного труда был очень высок уровень мелкого брака. По причине усталости или невнимательности мастера, заготовка не всегда ложилась ровно на нижний штемпель, или заготовка соскальзывала при ударе, что было причиной смещенного изображения и нецентрованности огромного количества монет. Силы удара молотка иногда не хватало для прочеканки всех деталей монеты, по этой причине производилась повторная чеканка.

«Монетный двор», гравер Ганс Бургкмайр, 1515 г.

Слева: талер Штефана Шлика, отчеканенный в городе Иоахимсталь; справа: изготовление монет на молотовом снаряде.

Технологии Возрождения
Чеканка молотовым снарядом

Чешский граф Штефан Шлик в 1518 году начал чеканку собственной монеты в г. Иоахимсталь на северо-западе Богемии. Она весила 29,5 грамм и содержала 27,2 грамм чистого серебра. Монеты получили название «иоахимсталеры» или сокращено "талер" по названию города, где они чеканились. С появлением монет большого размера возникла необходимость в модернизации технологии чеканки. Способ ручной чеканки здесь не годился - было просто невозможно прочеканить большую монету ручным молотом. Возникла необходимость увеличить силу удара штемпеля по заготовке. Так к концу XV века был изобретен **фальверк** (нем. Fallwerk) - молотовый снаряд.

Б

Маточник медального штемпеля с изображением Мартина Лютера, Германия, 1924 г.
Материал: Железо
Вес: 628.00 грамм
Диаметр: 49.90 мм

Технологии Возрождения
Маточник штемпеля

С изобретением молотового снаряда минцмейстеры сделали еще одно открытие, которое стало прорывом в технологии чеканки монет. Этим изобретением стало использование маточника монетного штемпеля, - своеобразного штемпеля для чеканки штемпелей. Путем ряда сложных технических процедур, высокопрофессиональные граверы изготавливали на торце стального стержня позитивное изображение аверса и реверса будущей монеты. Эти штемпели и служили маточниками для изготовления ряда абсолютно идентичных монетных штемпелей.

Б Технологии Возрождения Леонардо и чеканка

Один из великих представителей эпохи Возрождения Леонардо да Винчи внёс свой вклад и в технологию чеканки монет. На рисунке представлены две машины для производства листов жести при помощи проката металла между основными валками. Верхний набросок является одним из вариантов прокатного стана: два валка меньшего размера поддерживают давление на основных валках, с тем, чтобы производимый лист был однородно гладким. В 1514 году Леонардо придумал и собрал пресс для вырубки монетных заготовок из ленты.

Наброски узлов прокатного стана, выполненных Леонардо да Винчи. Изображение процесса вырубки и медная лента с отчеканенными и частично вырубленными шведскими монетами 1679 года.

а – литье в изложницы на Королевском канадском монетном дворе в Оттаве. 1938 г;
б – ручной вальцевальный станок;
в – памятная медаль 1900 г, выпущенная Парижским монетным двором.

Б Технологии Возрождения Вальцевальный станок

Следующим прорывным изобретением стало использование вальцевального станка для производства цан. Мастерам уже не надо было вручную выковывать тонкие серебряные пластины – за них это делали отполированные стальные цилиндры, вращающиеся навстречу друг другу. Между валами, постепенно уменьшая расстояние между ними, многократно пропускали металл для получения листа или полосы нужной толщины. Из этого проката кружки металла нужного диаметра вырубались заостренной стальной трубкой или станком для вырубки.

Б Технологии Возрождения
Чеканка вальцверком

На основе вальцевального станка в 1550 году в городе Швебиш-Халль на тирольском монетном дворе был создан **вальцверк** (нем. Walzenprägewerk, Walzwerk). На валы было нанесено в зависимости от их размеров - от 4 до 19 негативных изображений лицевой и оборотной сторон монет, так что при пропускании между ними ленты цана, изображения отчеканивались на ней. Появление этого станка значительно ускорило процесс изготовления монет, также улучшилось исполнение изображения и прочеканка мелких деталей рельефа

Вверху: штемпели талера эрцгерцога Фердинанда Тирольского;
внизу – вальцевальный станок со сменными штемпелями Егенберга

Технологии Возрождения
Цевочное зацепление

При применении вальцверка и вальцов очень скоро потребовались более высокие напряжения для пластической деформации металла в зоне чеканки. Как следствие, нужно было увеличить значение крутящего момента на валах – ручных усилий, даже с учетом рычага, уже не хватало. Для использования энергии падающей воды, течения реки стали применяться цевочные механизмы и передачи.

Вверху: Реплика вальцевального станка в музее Сузунского монетного двора;
внизу: Кузница. Гравюра на дереве Олауса Магнуса, ил. из «Истории северных народов», 1555

Технологии Возрождения
Цевочное зацепление

Монетный двор в Сеговии - одно из старейших предприятий Испании и Европы, где с 1583 года изготавливали испанскую монету. Первая в Испании фабрика, построенная по приказу Филиппа II, где начали использовать цевочные механизмы, работающие на использовании силы воды. На момент строительства - самый передовой по технологии монетный двор в Европе.

Вверху: водяные колеса Монетного двора в Сеговии, Испания;
внизу: кинематические модели механизмов с цевочными зацеплениями из коллекции музея МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Технологии Возрождения
Проблемы качества

Основным признаком изготовления монеты вальцверком в эпоху Возрождения является легкая изогнутость монеты с характерными следами вырубки по гурту. Несмотря на это и ещё ряд других недостатков этого метода производства монет, с помощью вальцверка монеты изготавливали на некоторых денежных дворах Европы до конца XVIII века.

Тирольский талер эрцгерцога Максимилиана Тирольского и его гурт. Этот талер, известный как талер Тевтонского ордена, магистром которого был Максимилиан Тирольский, имеет характерные следы вырубки на гурте.

Оценивая совместно проделанную работу, можно сказать, что все остаются в выигрыше: студенты получают новые знания, навыки, возможность последующего трудоустройства по выбранному направлению, преподаватели – адекватную и независимую оценку и возможность коррекции своего учебного курса, современный производитель – надежную фундаментальную научную школу, которая отвечает его требованиям и интересам. Именно такой теоретическо-практический подход более ста лет назад получил название «Русский метод подготовки инженеров», приемниками, сторонниками и последователями которого является весь коллектив МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Литература

1. Антонова, И.А., Голынец, С.В., Неменский, Б.М. Искусство постигать искусство. Сборник статей к 100-летию Н.А. Дмитриевой. М.: «БуксМАрт», 2020. – С. 26.

2. Хорст, В. Янсон, Энтони, Ф. Янсон. Основы истории искусств. СПб.: АОЗТ «Икар», Harry N. Abrams, 1996. – С. 214-216.

3. Рудольф Арнхейм. Искусство и визуальное восприятие. М.: «Прогресс», 1974. – С. 147-149.

4. Рымарь, Н.Т. Творческий потенциал акта изоляции в искусстве. Самара, Вестник Самарского университета. История. Педагогика. Филология. – 2016. – Том 22. – № 2. – С. 129.

Школа PEBW BMSTU как устранение негативных последствий современного образования

Д.Д. Батыжев,
студент 4 курса факультета специального машиностроения,
группа СМ12-71, e-mail: bat.dd@mail.ru
Т.С. Митрофанова,
студентка 2 курса факультета инженерного бизнеса и менеджмента,
группа ИБМ4-32Б, e-mail: taniakatia234@gmail.com
Н.А. Прохоров,
студент 4 курса факультета специального машиностроения,
группа СМ12-71, e-mail: proxorov3333@mail.ru
Д.А. Шаронова,
студентка 6 курса факультета специального машиностроения,
группа СМ12-111, e-mail: sharonova.darya@bk.ru;
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В статье рассмотрены недостатки современной системы образования в России, выявленные на основании суждений обучающихся. Приведен действенный способ нивелирования данных недостатков – курс «Proficient English in the Business World» МГТУ им. Н.Э. Баумана.*
Ключевые слова: *отечественное образование, единый государственный экзамен (ЕГЭ), аналитические и коммуникативные навыки, школа PEBW.*

PEBW BMSTU School eliminating negative consequences of modern education

D.D. Batyzhev,
4th year student of the Faculty of Special Mechanical Engineering, group SM12-71,
T.S. Mitrofanova,
2nd year student of the Faculty of Engineering Business and Management,
group IBM4-32B
N.A. Prokhorov,
4th year student of the Faculty of Special Mechanical Engineering, group SM12-71,
D.A. Sharonova,
6th year student of the Faculty of Special Mechanical Engineering, group SM12-111;
Bauman Moscow State Technical University (National Research University)

Abstract. *The article considers the shortcomings of the modern education system in Russia, identified on the basis of the judgments of students. An effective way of leveling these shortcomings is the course "Proficient English in the Business World" of Bauman Moscow State Technical University.*
Keywords: *domestic education, Unified State Exam (USE), analytical and communication skills, PEBW school.*

За последние годы человечество вошло в новую цивилизацию, это абсолютно явно и понятно всем, и поэтому нельзя отрицать тот факт, что современный мир диктует нам новые правила, стандарты, к которым готов далеко не каждый человек. Мир шагнул в новую эру – эру информационных технологий и глобализации. Очевидно, готовить по-старому в новый мир нельзя, система должна измениться. Мы должны сформировать способность жить в цифровом мире и не потерять человечность.

Наиболее уязвимой оказалась одна из главных сфер человеческой деятельности – образование, так как она нацелена на неопытные и неискушенные слои общества – молодое поколение и детей. А это – будущий кадровый резерв государства и бизнеса. В чем же ошибки отечественного образования и какие пути их разрешения есть?

Когда дом, в котором вы живете, начнет идти трещинами, и пол в вашей квартире не сможет выдержать проверку уровнем, тогда вы должны будете сказать о проблеме, но, к сожалению, так как вы не занимаетесь выравниваем домов, больше вы ничего не сможете сделать. Этот покосившийся дом – это образование в нашей стране. И кто, как ни жители этого дома – обучающиеся – смогут сказать о проблеме. Первая трещина начала расти давно – когда воспитание и обучение были разделены. Учителя в школах больше не должны заниматься воспитанием детей. Эта функция полностью лежит на семье. Но проблема в том, что очень часто в обществе родителей ребенок находится 3-4 часа в день, остальное время он проводит либо в школе, секциях и кружках, либо даже не на улице или в сети Интернет [1]. В обязанности же педагогов, окружающих ребенка в течение дня, входит объяснение только своего предмета и заполнение большого числа бумажек. Учитель теперь не объясняет, что такое хорошо и что такое плохо, этим занимаются люди, ведущие блоги различного формата в Интернет, к сожалению, многие из них «особо одарены».

Чтобы не было недопонимания, хочется сказать, что авторы не против Интернет и современных технологий. Текущий уровень развития цифровых устройств позволяет делать невероятные вещи в науке, медицине и многих других сферах жизни общества. Авторы против использования современных технологий ради процесса получения прибыли, побочным результатом которого является дебилизация молодого поколения. Неумные люди всегда храбры, ведь они не осознают отсутствия мыслительных процессов в своих головах. Отличие от прежних времен в том, что сейчас у этих людей есть свободная площадка для вещания на весь мир. Причем, даже не страшно, что контент, производимый данной частью общества, пользуется дикой популярностью – нет ничего страшного в том, что взрослый человек постоянно питается фастфудом, это его решение. Страшнее то, что эта популярность выгодна для отдельных людей, которые вместо того, чтобы остановить волну дегенерации, ускоряют ее. Теперь детям постоянно суют в рот фастфуд, кормят им до отвала.

Учителя, загруженные классами и бумагами, просто физически не имеют времени заниматься воспитанием своих подопечных, но это от них не требуется, больше это не их обязанность. Интересно, что на разделении школы и воспитания трещины дома не заканчиваются. Теперь даже сам процесс обучения не принадлежит учителям – речь идет о государственных экзаменах. Система ЕГЭ имеет, безусловно, плюс, заключающийся в возможности выпускников любых школ нашей страны, набравших достаточное количество баллов ЕГЭ, поступить в любой вуз. Вот только минус намного весомее. Система ЕГЭ превратила среднюю и старшую школу в конвейер. Теперь средняя школа – это конвейер, на входе у которого учащиеся, закончившие начальную школу, а на выходе – учащиеся, закончившие начальную школу и знающие три предмета на какое-то там количество баллов. Старшая школа – это конвейер, который принимает на вход подростков, нацеленных на предметы, которые они будут сдавать, а «выплевывает» людей, которые сдали три-четыре экзамена ЕГЭ, не потому что знают эти предметы, а потому что за два года научились решать ЕГЭ. Чтобы сдать ЕГЭ даже на 250 баллов, не обязательно знать предметы, которые ты сдаешь, нужно запомнить, как решать то или иное задание. В настоящее время учителя старшей школы вынуждены муштровать учащихся для ЕГЭ, потому что так работает современная система образования. И вместо того, чтобы учить подростков думать, анализировать и строить логические взаимосвязи, педагогам приходится учить их решать тесты. Вот как выглядит наклонившийся дом изнутри.

Возникает только один вопрос в голове – ради чего это все сделано? Часто ответ сторонников, чаще всего они и создатели такой системы образования, состоит в том, что наступило время глобализации и нам нужно «вливаться» в мировые тренды, а прошлая система образования уж никак не вписывалась в это «вливание». Но даже после принятия мысли несоответствия старой системы международным стандартам как правдивой остаются вопросы. Действительно, интенсивная глобализация проникла во все сферы деятельности, от деловой до повседневной и развлекательной, повлияла на значительную часть населения Земли, в особенности на развитые страны, в экономике которых важную роль играют международные взаимоотношения и договоренности [2]. И тот факт, что России просто необходимо «влиться» в мировую диффузию культуры и экономических систем, неоспорим [3].

Но вот только современное российское образование не в состоянии предоставить достаточно компетентных специалистов для выполнения данной задачи. Ведь для успешного международного сотрудничества необходимо не только формальное знание английского языка, но и широкий кругозор, развитые аналитические и коммуникативные способности, заключающиеся в умении понять цели человека другой культуры и найти с ним общий язык, заинтересовать его, а впоследствии не допустить ошибку при видении бизнеса. Человек в новых реалиях должен уметь верифициро-

вать информацию, быть нравственным, противостоять стрессу, быть социально устойчивым, воспитать способность к переменам и постоянно учиться, а эти навыки, к сожалению, не приобретаются за один день. Это – длительный и планомерный процесс. Поэтому так важно иметь терпение и идти к своей цели, ведь результат того стоит. Глупо бы было винить в проблемах настоящего обучения остатки советского образования – это подобно признанию единственной крепкой части строения опасным элементом, с последующим удалением этой части.

Аналитические и коммуникативные способности могут развиваться только в результате живого общения обучающегося и преподавателя. Преподавателя, который не завален бесполезной бюрократической работой и не нагружен сверх нормы, чтобы прожить до следующей зарплаты. И нужно отдать должное преподавателям, которые, несмотря на нагрузку, бумаги и низкую заработную плату, стараются развить вышеназванные качества в подопечных. Об энтузиазм таких людей ломаются современные реформы образования.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что последние реформы системы образования не были сделаны с целью стать частью мирового сообщества. И вопрос «Для чего все это?» остается пока без ответа.

Каждый поступал в университет с определенной целью. Для одних – это получение качественных знаний, для вторых – реализация в глазах родителей и стремление попадания в рамки норм общественного поведения, для иных – только получение диплома о высшем образовании. У каждого из нас цели разные, ведь не бывает так, чтобы все думали одинаково. Конечно, цель осознанного студента престижного вуза – стать высококвалифицированным специалистом на отечественном рынке труда, и у нас есть все возможности для этого: предрасполагающая к продуктивной учебе атмосфера, преподаватели с большим багажом знаний, многочисленные ресурсы для получения знаний в любой сфере. Встает вопрос: почему мы не пользуемся этими благами? Ответ прост – мы не умеем учиться. Уметь учиться – значит иметь в голове ясную цель, знать, для чего и как ты это делаешь, к сожалению, в современной школе этому важному навыку не отводится времени, а понимание «как же нужно правильно» приходит только со временем и иногда даже после окончания обучения.

Авторам данной статьи повезло, они являются слушателями авторского курса «Proficient English in the Business World», который дословно переводится как «Профессиональный английский в мире бизнеса». Этот курс предоставляет возможность нивелировать все вышеописанные недостатки и выйти на достойный уровень международных коммуникаций, к сожалению, на данный момент в России он только один… Но данный перевод «Профессиональный английский в мире бизнеса» не совсем удачен, так как не раскрывает отличительные особенности курса, к которым относится обучение не просто формальному знанию английского языка, а применению этого языка во всех сферах профессиональной деятельности.

PEBW – не модный облегченный тренинг, а школа формирования элитарных способностей, школа творчества и профессионального созидания, где нет пошаговых методичек. Общение между преподавателем и студентами строится по принципу «начальник-подчиненный», то есть моделируется деятельность компании. Студент впервые сталкивается с жесткими формальными правилами бизнеса и корпоративной этикой. Большая роль уделяется развитию навыка заинтересовать собеседника, найти к нему индивидуальный подход. Для этого автор курса знакомит студентов с культурными особенностями иностранцев, подкрепляя их многочисленными примерами из своей жизни. Курс ведется на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана, что позволяет «смешивать» в одной обучающейся группе студентов с совершенно разных отраслей инженерии и разных лет обучения. Это обогащает общий уровень эрудированности всей группы, помогает студентам узнать для себя что-либо новое. Также стоит отметить, что хотя полное обучение на курсе и длится один академический год, это не значит, что его следует начинать посещать только студентам последнего года обучения. Первокурсникам школа PEBW дает то, чего так часто не хватает многим старшекурсникам, а именно глобальную цель, понимание мира и мотивацию к дальнейшей учебе и самосовершенствованию. Студентам, обучающимся на средних курсах, занятия также будут полезны для сдачи экзамена по английскому языку в университете. Особенностью курса является то, что здесь готовят инженерную элиту. Отличительными чертами элитного образования являются творчески направленные задания и энергетика живого общения, которые присущи данному курсу. В стенах МГТУ и за их пределами отсутствует реклама курса. Элиту не собирают по объявлению. Прием на курс осуществляется по рекомендации его успешных выпускников или рекомендации профилирующей кафедры. Несомненно, для выпускников вуза курс PEBW откроет дорогу к карьерному росту, достойной заработной плате и сделает из него по-настоящему востребованного специалиста международного уровня [3-7].

Вот здесь встает одна из острейших проблем современной России, заключающаяся в том, что большая часть молодежи вынуждена уехать за границу [3]. И порой это люди, которые могли бы сделать что-то значимое для своей страны. Казалось бы, курс Proficient English in the Business World дал авторам статьи возможность убежать за рубеж, так почему бы и нет? Но также данный курс привил нам здоровый патриотизм, который привел нас не к мысли бросить свою Родину, а к уверенности в том, что, благодаря полученным навыкам, мы сможем помочь нашей стране стать лучше. Надеемся, что подобных курсов в России будет становиться все больше, и молодежь избавится от синдрома отложенной жизни, то есть жить так, как будто настоящий момент – это черновик. Если молодежь станет интересоваться нашим реальным миром и саморазвитием, то таким образом мы сможем обеспечить себе достойное будущее и благополучие Родины.

Литература

1. Бордовский, Г.А. Актуальные проблемы современного образования // Universum: Вестник Герценовского университета. – 2012. – № 1.

2. Назарова, С.И. Тенденции развития современной системы образования // Статья подготовлена в рамках реализации Государственного задания Минобрнауки России на 2018 год по теме №27.9426.2017/БЧ.

3. Яминский, А.В., Мышаков, А.В. Инженерная элита России: понятие, концепция и школа совершенствования // technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание. − 2011. − выпуск 10. URL http://technomag.edu.ru/doc/230463.html (дата обращения: 24.10.2011).

4. Яминский, А.В., Сибикин, И.С. ЕГЭ и инженерное образование: мнение заказчика знаний // Русский инженер. − 2013. − №2 (37). − С. 47-48.

5. Яминский, А.В., Алексеева, Е.К. Предназначение инженера, или что делать по окончании высшей школы // technomag.edu.ru: Наука и образование: электронное научно-техническое издание. − 2014. − выпуск 3. URL http://technomag.edu.ru/doc/700049.html (дата обращения: 18.03.2014).

6. Филина, Е.К. «Русский метод» подготовки инженеров в гуманитарном образовании // Ценностные трансформации современной молодежи государств – участников Содружества Независимых Государств. Сборник научных статей / Под редакцией А.А. Александрова и В.К. Балтяна – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. − С. 107-112.

7. Сибикин, И.С. О системе коммуникативной подготовки инженеров // Ценностные трансформации современной молодежи государств – участников Содружества Независимых Государств. Сборник научных статей / Под редакцией А.А. Александрова и В.К. Балтяна – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. − С. 113-116.

8. Яндимиркин, М.Е. Соответствие личного пути национальному интересу государства // Ценностные трансформации современной молодежи государств – участников Содружества Независимых Государств. Сборник научных статей / Под редакцией А.А. Александрова и В.К. Балтяна – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. − С. 117-120.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Предисловие…… 3

Н.С. Безрукова, Я.А. Паньшина,
Саратовский государственный технический университет
им. Гагарина Ю.А.
Оценка уровня инновационного развития экономики России……. 5

И.В. Улитина, Е.Т. Гегечкори,
Омский государственный технический университет
Реинжиниринг процессов. Классификации и виды……... 9

М.Н. Нахушев, Е.С. Тран, Д.В. Орел, И.В. Мандрица,
Северо-Кавказский федеральный университет
Концепция использования API- и REST-запросов при исследовании внутренних угроз утечки бизнес-информации…… 15

Д.В. Гостева,
Северо-Кавказский федеральный университет
Применение генетического алгоритма к задаче распределения ВМ по серверам…… 23

Р. Артурззаман Р., М.Р. Хамидуллин,
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ (Набережночелнинский филиал)
Анонимные типы в C#…….. 30

Р. Артурззаман, Р.Г. Марданшин,
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ (Набережночелнинский филиал)
Работа с деревьями выражений в C # (часть 2)…….. 35

К.В. Гасюк, Г.А. Гареева,
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ (Набережночелнинский филиал)
Технология 5G…… 41

З.Г. Джибладзе, Г.А. Гареева
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ (Набережночелнинский филиал)
Стартовый флагман 2021 года……. 43

стр.

А.Н. Мороз, В.Ф. Янушкевич,
Полоцкий государственный университет
Интеллектуализация системы волоконно-оптического датчика…….. 47

Н.А. Сытова, В.Ф. Янушкевич,
Полоцкий государственный университет
Увеличение точности измерения рефлектометра, методом снижения систематической погрешности……. 52

А.Г. Чернявский, В.Ф. Янушкевич, С.П. Алиева,
Полоцкий государственный университет
Устройство определения направления прихода радиоволн инфракрасного диапазона от ярко контрастного объекта……. 54

Н.К. Галкин,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Расчет и схемотехническое моделирование усилителя мощности на полевом транзисторе в среде MicroCap ……. 63

С.С. Тимохин, П.Г. Русанов,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Метод коррекции направления главной оси чувствительности наземной антенны, осуществляющей радиосвязь с ИСЗ…….. 68

Г.Ю. Холоимов, П.Г. Русанов,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Алгоритм автоматического сближения летательного аппарата с целью…… 73

И.В. Бухтояров, И.Н. Кошкина,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Построение пути на карте с препятствиями…… 80

Н.Д. Семенков, Д.Б. Пазычев,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Компактная бесплатформенная навигационная система (БИНС) на основе микромеханических чувствительных элементов…….. 89

стр.

А.В. Синельщиков,
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Бесплатформенная инерциальная курсовертикаль на базе волоконно-оптических гироскопов и кварцевых акселерометров…….. 95

И.Д. Иванов, Н.Д. Пестролобова, А.С. Калугина,
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Трансформаторный токоподвод для гирокомпаса с магнитным подвесом……. 102

А.Д. Николаев, А.С. Петруничева, С.Ю. Князева,
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Разработка технологического процесса изготовления корпуса червячного редуктора кантователя…….. 108

И.Л. Мартюшева,
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Определение параметров работы воздушной системы термостатирования…… 117

В.И. Бобровник, А.Г. Маслов,
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Определение оптимальных условий запуска груза с поверхности Луны на Землю……. 124

В.К. Ковалевский,
Полоцкий государственный университет
Система управления солнечным коллектором…… 135

А.Н. Бабаевский, О.Н. Рощин,
Белгородский государственный технологический университет
имени В.Г. Шухова
Анализ методов определения мест повреждения кабельных линий на основе методов неразрушающего контроля…….. 142

А.А. Нероба, А.А. Крючков,
Белгородский государственный технологический университет
имени В.Г. Шухова
Моделирование напряженно-деформированного состояния промышленного здания из монолитного железобетона при оптимизации монолитной фундаментной плиты…… 149

стр.

И.О. Браткова, П.С. Кабалянц,
Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Особенности автоматизации учета производства предприятия пищевой промышленности…… 155

А.А. Полякова,
Московский государственный университет пищевых производств
Инновационные аспекты технологии обогащения кондитерской продукции специализированного назначения на основе какао в Российской Федерации…….. 165

С.В. Ерёмина,
Московский государственный университет пищевых производств
Возможности использования белково-жировой эмульсии на основе биомодифицированных молок лососевых для производства функциональных продуктов…….. 171

Е.В. Матлахов, А.С. Шатова
Московский государственный университет пищевых производств
Влияние наночастиц на активность амилаз различного происхождения…….. 179

Н.Д. Залальтдинова, В.Ф. Николаев,
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Картирование и мониторинг процессов вторичной переработки нефти и органического синтеза на основе рефрактоденс Куртца-Лорентца…… 187

Д.С. Алмакова, Е.А. Беловодский,
Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Механические методы очистки сточных вод……. 196

Д.А. Шамраева, Е.А. Беловодский,
Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Технологические методы очистки сточных вод от соединений азота и фосфора…… 205

Е.О. Бездетко, Е.А. Беловодский,
Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Инновационные разработки в биотехнологии…… 214

стр.

И.О. Николов, О.Н. Томаровщенко,
Белгородский государственный технологический университет
имени В.Г. Шухова
Проблемы обеспечения безопасности трудового процесса
в области теплоэнергетики…… 220

Э.И. Зайнагутдинова, З.Х. Баишева, А.И. Шайхлисламов,
Р.М. Асилгужин,
Уфимский государственный авиационный технический университет
Человек как энергетическая система…… 225

З.Х. Баишева, Э.И. Зайнагутдинова, Е.А. Пронин, Д.Ю. Пермин,
Уфимский государственный авиационный технический университет
Методы лечения синдрома «сухого глаза»……. 235

Ф.Р. Вераксич, В.М. Михлик, Е.А. Моторин, С.А. Петрова,
Г.А. Базанчук, С.В. Кураков,
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Элементы проблемного обучения
с использованием междисциплинарных гуманитарных связей
в традиционном курсе технического предмета…….. 242

Д.Д. Батыжев, Т.С. Митрофанова, Н.А. Прохоров, Д.А. Шаронова
Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
Школа PEBW BMSTU как устранение негативных
последствий современного образования……. 270

Научное издание

Современное развитие науки, технологий, бизнеса: сборник статей студенов, аспирантов и молодых ученых

Редактор-составитель: В.К. Балтян

Составители: А.С. Друкаренко, И.А. Кораблева, Е.Н. Мишина, А.С. Петраков, С.Ю. Рудяк, В.Г. Федоров, К.В. Цупренко, А.В. Яминский

Компьютерная верстка: А.С. Петраков

Дирекция Ассоциации технических университетов
Межотраслевой учебно-научный центр
технологического развития и евразийской интеграции
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Подписано в печать 30.09.2021.
Формат 60х84/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 20,6.
Уч.-изд. л. 17,52. Тираж 100 экз.
МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ИЗДАЕТСЯ С 1992 Г.

ВЫСШЕЕ образование в РОССИИ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
НИКОЛЬСКИЙ ВЛАДИМИР СВЯТОСЛАВОВИЧ

КЛЮЧЕВЫЕ РУБРИКИ

Направления модернизации образования
Философия науки и образования
Социология образования
Педагогика высшей школы
Инженерная педагогика

ИНДЕКСАЦИЯ

РИНЦ
Scopus: Q2 социология и политические науки, Q3 образование
Перечень ВАК

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ 2020: 4,407
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ 2020: 1,971
Десятилетний индекс Хирша 2020: 58

ПРИЁМ СТАТЕЙ И ПОДПИСКА
vovr.elpub.ru

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА
vovrus@inbox.ru