

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

**МАТЕРИАЛЫ
LIX ОТЧЕТНОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ
И НАУЧНЫХ СОТРУДНИКОВ
ВГУИТ ЗА 2020 ГОД**

Часть 2

**ВОРОНЕЖ
2021**

УДК 378:001.891(04)

ББК Ч 448я4

М34

Редакционная коллегия:

В.Н. Попов д-р биол. наук, проф. (науч. редактор);

О.С. Корнеева д-р биол. наук, проф. (зам. науч. редактора);

В.К. Битюков д-р техн. наук, проф.; О.А. Козадрова д-р хим. наук, доц.;

Л.В. Антипова д-р техн. наук, проф.; А.Н. Остриков д-р техн. наук, проф.;

В.Г. Егоров д-р техн. наук, проф.; А.И. Хорев д-р экон. наук, проф.;

Г.А. Быковская д-р ист. наук, проф.; Г.Н. Егорова канд. техн. наук, доц.;

А.С. Муравьев канд. техн. наук (отв. секретарь)

М 34 Материалы LIX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2020 год
[Текст] : В 3 ч. Ч. 2. / под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. – 132 с.

В докладах и сообщениях отражены результаты исследований в области энергосберегающих технологий, процессов и оборудования пищевых производств, информационных систем, моделирования и управления в технологических процессах и производствах, технологий и оборудования для подготовки производства новых поколений технических систем и систем их жизнеобеспечения.

Статьи даны в авторской редакции.

М—4309000000 Без объявл.
ОК 2(03) - 2015

УДК 378:001.89(04)
ББК Ч 448я4

© ФГБОУ ВО
«Воронежский
государственный
университет
инженерных
технологий», 2021

**СЕКЦИЯ
РАЗРАБОТКИ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ
ПИЩЕВОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Руководитель профессор А.Н. Остриков

С.Т. Антипов

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИКИ БУДУЩЕГО ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: МАШИН, АППАРАТОВ И БИОРЕАКТОРОВ

В инженерном образовании пришло время, при изложении специальных курсов перейти от суммы знаний в разрозненных учебниках и учебных пособиях к учебной литературе как системе знаний в виде комплекта книг. Системообразующим фактором комплекта книг становятся межотраслевая классификация технологий по признаку преобразования сельскохозяйственного сырья в продукты питания и межотраслевая классификация процессов в машинах, аппаратах и биореакторах, а также их конструкций, что приводит к синергетическому эффекту в образовательном процессе за счет его структуризации.

Общее направление развития техники будущего пищевых технологий определяется законом увеличения степени идеальности технических систем. Принцип идеальности при решении задач следует стремиться к идеальному результату (решению), когда достигается максимальный результат при минимальных усилиях (затратах).

В рамках традиционных технологических процессов пищевой промышленности для многих машин, аппаратов и биореакторов отсутствуют возможности сколько-нибудь существенно их развития в соответствии с таким общепринятыми критериями перспективности новой техники, как снижение удельного энерго – материалоупотребления, повышение удельной производительности, упрощение конструкции, универсальность использования без замены рабочих органов, возможность блочно – модульного исполнения, удовлетворение современным экологическим требованиям. Для достижения этих целей нужны принципиально иные, оригинальные решения. В большинстве случаев именно нестандартные решения, часто идущие вразрез с традиционными представлениями, служат основой скачкообразного развития науки и техники. При поиске иных, более результативных способов и средств осуществления технологических процессов необходимо ориентироваться на принцип идеализации, который позволяет абстрагироваться от неизвестных технических решений и вычлнить те проблемы, решение которых затрагивает их основные качества и свойства.

Модель идеального технологического прогресса это открытая система требований, которые необходимо предъявить к выполнению тех или иных стадий или этапов технологического прогресса на таком уровне, при котором достигались бы количественные и качественные показатели, сопоставимые с предельно возможными их значениями. Приемы идеализации реальных технических задач должны учитывать специфику технологического процесса, при этом поиск идеальных решений целесообразно осуществлять последовательно. В этом случае техническая реализация найденных идеальных решений может создать предпосылки для отыскания идеальных решений других проблем.

Декларирование принципов идеального решения той или иной проблемы не приводит к неперемennomу созданию идеальной машины, аппарата и биореактора. Тем не менее, четкое формулирование конечных целей создает эвристические предпосылки для организации остронаправленного поиска конструктивного выполнения тех или иных узлов, которые соответствовали бы уровню идеального решения данной проблемы в идеальном, гипотетическом варианте.

Проблемы развития и проектирования техники будущего пищевых технологий: машин, аппаратов и биореакторов изложены в нижеперечисленных проектах, включающих глубокую переработку сельхозсырья: акустические и электрофизические методы интенсификации мембранных процессов получения белковых ингредиентов на основе молочной сыворотки; разработка ресурсосберегающей технологии и оборудования для сушки свекловичного жома перегретым паром для получения пектина; разработка системы кавитационно-озонной баромембранной обработки сточных вод пищевых производств; разработка комплексной технологии и оборудования комбикормов с использованием сине-зеленных микроводорослей иммуностимулирующего и пребиотического действия на основе принципов энерго- и ресурсосбережения; разработка технологии интенсивного замораживания в кристаллизаторе бинарного льда и проектирование оборудования для его реализации; инновационная технология вакуум-сублимационной сушки с использованием термоэлектрических модулей при конструировании аппаратов; разработка и научное обеспечение высокотехнологичного производства протеиновых мясорастительных снеков, насыщенных пряно-копильными ароматизаторами.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КАВИТАЦИОННО-ОЗОННОЙ БАРОМЕМБРАННОЙ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Загрязняющие вещества, находящиеся в сточных водах пищевых производств, очень различны по своему составу, объемам образования, агрегатному состоянию и характеру воздействия на окружающую среду. Их можно грубо разделить на две основные группы – минеральные (взвешенные частицы земли, песка, глины и др.) и органические (остатки зеленой массы, корнеплодов, жиры, белки, гуминовые вещества и др.). Стоки пищевых предприятий, содержащие и остатки растительного и животного происхождения плохо фильтруются, быстро закисают, загнивают, выделяя сильные неприятные запахи, повышенная концентрация их вызывает необратимое загрязнение окружающей среды, угрожая здоровью людей. Проблема обостряется еще и тем, что большинство предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности расположено на территории городов и населенных пунктов, поэтому их загрязненные сточные воды попадают в городскую канализацию [1].

Для обеспечения комплексного подхода к очистке сточных вод пищевых производств предложена кавитационно-озонная мембранная установка, преимуществами которой являются то, что выполнение очистительного элемента и штока полыми, общая внутренняя полость которых соединена с системой создания озона, последовательно состоящей из концентратора кислорода и озонатора, а также выполнение большего по направлению движения потока торцевого основания крайнего к выходу из мембранного аппарата кавитатора из металлокерамической мембраны позволяет повысить эффективность обеззараживания обрабатываемых жидких сред при баромембранной очистке, а также обеспечить обезцвечивание жидкостей и их дезодорацию путем совместного воздействия на жидкие среды наряду с кавитацией сильного окислителя виде озона.

Литература

1. Влияние деятельности пищевых предприятий на окружающую среду URL: <https://nomnoms.info/vliyanie-deyatelnosti-pischevyh-predpriyatiy-na-okruzhayushuyu-sredu>

А.И. Ключников, А.И. Потапов

**АКУСТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ИНТЕНСИФИКАЦИИ МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОСНОВЕ
МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

Как известно, интенсификация мембранных процессов сводится к уменьшению концентрационной поляризации на межфазной границе, которое может быть осуществлено следующими способами: поддержание низкого трансмембранного потока; обеспечение малой разности концентраций между объемными потоками исходного раствора и слоем белковых отложений; создание низкой концентрации растворенных веществ в исходном растворе. Реализация третьего способа с помощью акустических и электрофизических методов на практике представляет большой научно-практический интерес.

Использование ультразвука в жидких средах, обрабатываемых с помощью мембран, связано с большими трудностями, т. к. образующееся кавитационное облако, сформированное растущими и схлопывающимися парогазовыми пузырьками приводит к деструкции компонентов молочной сыворотки и материала мембраны.

Следует отметить возможность реализации акустических методов интенсификации мембранных процессов, заключающуюся в передаче ультразвукового воздействия через корпус трубчатого мембранного модуля. В этом случае интенсификация мембранного процесса обеспечивается за счет пульсаций разделяемого раствора, вибрации мембраны и усиления естественной конвекции.

Ультразвуковой излучатель (например, «Волна-М», модель УЗТА-1/22-ОРв) за счёт контактного наложения колебаний ультразвуковых волн на керамическую мембрану не только ускоряет процесс мембранного разделения, но и не вызывает деструкции компонентов молочной сыворотки в результате кавитации.

А.В. Журавлев, А.В. Прибытков

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Одной из важнейших проблем повышения эффективности производства является комплексное использование материальных ресурсов путем совершенствования технологических процессов и внедрения безотходных машинных технологий.

Ресурсосбережение наряду с повышением интенсивности влагоотдачи рассматривается как важнейшая задача при разработке новой технологии сушки и конструкций сушилок, а также при совершенствовании существующих, обеспечивающих производство продукции с минимально возможным потреблением источников энергии, а также сырья и материалов. Одним из перспективных направлений создания новой сушильной техники является разработка и внедрение в промышленность высокоинтенсивных аппаратов с закрученными потоками теплоносителя. Использование закрученных потоков теплоносителя, а также комбинирование их с различными гидродинамическими режимами и СВЧ-энергоподводом позволяет интенсифицировать процесс сушки и расширить область применения сушильных аппаратов.

Актуальность работы неразрывно связана с положительной динамикой увеличения посевных площадей зерновых культур, таких как, гречиха, амарант, лен, рапс, рапс, рапс, рапс и т. п. в Воронежской области и по всей России в целом.

При организации машинной технологии переработки семян рапса, гречихи, амаранта, рапс, рапс, рапс, рапс нами были проведены глубокие научные исследования, заключающиеся в изучении технологических, структурных, гидродинамических и теплофизических показателей. Технологические и гидродинамические характеристики позволили определить режимные параметры процессов.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований, а также анализа информации в области технологии и техники переработки семян были разработаны и запатентованы способы безотходной переработки семян, а на основе системного и функционального анализа ресурсосберегающих машинных технологий разработаны технологические линии для их осуществления.

С целью повышения эффективности процесса сушки и обеспечения ресурсосбережения разработаны: способ автоматического управления процессом сушки дисперсных материалов в вихревом режиме, способ автоматического управления процессом сушки полидисперсных материалов во взвешенно-закрученном слое, способ автоматического управления процессом сушки дисперсных материалов в закрученном потоке теплоносителя с СВЧ-энергоподводом, способ автоматического управления процессом сушки дисперсных материалов с рециркуляцией теплоносителя в аппаратах с активной гидродинамикой, а также программно-логические алгоритмы функционирования систем, позволяющие обеспечить многоканальное многоуровневое управление и получать готовый продукт высокого качества за счет оптимизации технологических параметров процесса сушки дисперсного материала в закрученном потоке теплоносителя.

Применение в совокупности конструкций установок способа сушки с алгоритмами их управления позволяет получить готовый продукт более высокого качества за счет оптимизации режимных параметров процесса сушки материала во взвешенно-закрученном слое, осуществить многоуровневое управление, благодаря чему повышается оперативность и надежность управления в наиболее оптимальных диапазонах изменения параметров режима работы сушилки, обеспечить снижение энергетических затрат на единицу массы готового продукта.

Проведена промышленная апробация, которая подтвердила высокую эффективность полученных результатов.

Разработанные машинные технологии безотходной переработки дисперсных продуктов (семян рапса, гречихи, амаранта, расторопши, льна) позволяют производить широкий ассортимент готовой продукции, отличающейся высоким качеством.

А.В. Дранников

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО СПОСОБА
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУШКИ СВЕКЛОВИЧНОГО
ЖОМА ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ПЕКТИНА**

К функциональным продуктам относятся пектины. Пектины используются в качестве гелеобразователя, стабилизатора, загустителя, влагоудерживающего агента, осветлителя, а также вещества, облегчающего фильтрацию и как средство для капсулирования.

В наибольшей степени этим требованиям отвечает производство пектина и пектинопродуктов, предусматривающее выработку биологически ценного комплексно- и студнеобразователя из вторичных сырьевых ресурсов, к которым относится свекловичный жом, получаемый на сахарных заводах РФ при ежегодной переработке более 40 млн т. сахарной свеклы

В данной работе научно обоснован способ получения сухого свекловичного жома перегретым паром пониженного давления в виброкипящем слое. Определено содержание пектина и протопектина в сухом свекловичном жоме и его комплексообразующая способность в зависимости от режимных параметров процесса сушки, что особенно актуально в современных условиях реализации здорового питания, нацеленного на сохранение и укрепление здоровья населения, развитие производства новых обогащенных, диетических и функциональных пищевых продуктов.

Разработана сушильная установка с комбинированным энергоподводом (пат. РФ № 2706874), позволяющая реализовать способ сушки свекловичного жома (патент РФ № 2674610) при пониженном давлении перегретого пара и получать качественный продукт без снижения интенсивности проведения процесса.

По тематике работы имеются более 20-ти научных публикаций и более 10 патентов на изобретения.

В.В. Пойманов

**ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВАКУУМ-
СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПРИ
КОНСТРУИРОВАНИИ АППАРАТОВ**

Тенденция энергосбережения особенно актуальна для энергоемкого оборудования, к которому относятся и вакуум-сублимационные сушилки. Нами сконструирован аппарат, позволяющий на 20–25 % снизить удельные энергозатраты.

Он состоит из сублиматора в виде герметичной камеры, при этом сублиматор выполнен в виде цилиндра с крышкой, внутри которого расположены теплопередающие плиты, выполняющие роль полок для размещения противней с продуктом. Посредством патрубка и вакуумной задвижки сублиматор соединен с десублиматором, состоящим из двух контуров: с традиционной парокompрессионной холодильной машиной и термоэлектрической холодильной установкой. Термоэлектрическая холодильная установка состоит из блока термоэлектрических модулей и охлаждающего контура, позволяющего поддерживать температуру на холодной поверхности термоэлементов от -50 до -60 °С. В охлаждающем контуре циркулирует теплоноситель, нагревающийся за счет теплоты, выделяющейся на горячих спаях термоэлементов. Контур связан посредством теплообменника с теплопередающими плитами. Вакуумная станция состоит из рабочего и пускового вакуумных насосов, последовательно соединенных патрубками с вакуумными задвижками.

Уменьшение удельных энергозатрат достигается за счет использования в десублиматоре парокompрессионной холодильной машины и термоэлектрической, позволяющей нагревать теплоноситель за счет теплоты, выделяющейся на горячих спаях модулей, а также за счет отключения десублиматора на стадии, когда высушиваемый продукт достигает положительной температуры, а удаление паров с камеры в процессе досушки осуществляется вакуумной станцией напрямую, минуя десублиматор.

В.Ю. Овсянников, С.А. Трунов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗРАСТАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СМЕСИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА И ЖМЫХА ВЫСУШЕННЫХ ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ В ПОЛЕ СВЧ

Скорость возрастания температуры в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (СВЧ) определяли в процессе экстракции растительного сырья путем изменения веса экстрагируемого материала. При исследованиях были использованы величины гидромодуля равные 0,6; 0,4 и 0,2. Исследование скорости возрастания температуры производилось в экспериментальной установке, смонтированной на базе микроволновой печи Samsung CE283DNR.

В ходе эксперимента варьировали величинами удельной мощности, подводимой к образцу испытуемого материала и значениями гидромодуля.

После нагрева смеси измельченного жмыха облепихи и подсолнечного масла образец охлаждали и разделяли фильтрованием твердую фазу и композицию подсолнечно-облепихового масла, которую подвергали лабораторному анализу.

Скорость роста температуры при СВЧ–энергоподводе можно разделить на 2 этапа: на первом этапе от 20 °С до 70 °С темп нагрева изменяется в пределах от 1,6 до 0,5 °С/с, на втором этапе – от 70 °С наступает некоторое снижение скорости изменения температуры.

При этом следует отметить, что температуры нагрева смеси измельченного жмыха облепихи и подсолнечного масла, с целью получения с сохранением всего витаминного комплекса плодов облепихи нецелесообразно повышать более 60 °С.

Исследования композиции подсолнечно–облепихового масла по органолептическим и физико–химическим показателям показал, что качественные характеристики исследуемой композиции находятся в пределах норм, регламентируемых стандартом на растительные масла.

С.А. Назаров**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПУТЕМ
НАЛОЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СЛОЙ
ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА**

В настоящее время в перерабатывающих отраслях АПК ставятся задачи создания и внедрения современных технологий, обеспечивающих сокращение энергопотребления в сочетании со снижением сырья и других ресурсов, усовершенствования технологического оборудования по переработке растительного сырья. Одним из перспективных направлений является создание оборудования, позволяющего интенсифицировать технологические процессы.

В пищевой промышленности на базе механических колебаний внедрены и используются новые методы обработки пищевых продуктов. Известно использование вибраций для ускорения процессов дробления, просеивания, для мойки транспортирования различных продуктов в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях, измельчении, дозировании и уплотнении в разделительных, фасовочных автоматах смешивания, расфасовки продуктов, сушке и пр. Экономический эффект от использования колебаний во многих случаях получается достаточно большим, а иногда процессы вибрирования являются единственными при выполнении ряда технологических операций.

Исследовали процесс сушки вареных круп в виброкипящем слое при комбинированном теплоподводе с использованием погруженной поверхности нагрева. Установлена перспективность указанного способа сушки. Определены оптимальные режимные параметры процесса: амплитуда вибрации $A=3-5$ мм, частота колебаний $f=11-13$ Гц, скорости воздуха $V_B=0,6-0,8$ м/с, температура воздуха $t_B=90-110$ °С, температура поверхности нагрева $t_H=130-140$ °С. Получены математическая модель и критериальные уравнения, описывающие процессы тепло- и массообмена.

А.В. Дранников, А.Н. Рязанов

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
И ОБОРУДОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ МИКРО-
ВОДОРОСЛЕЙ ИММУНОСТИМУЛИРУЮЩЕГО
И ПРЕБИОТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ
ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Получение экологически чистой комбикормовой продукции предполагает отказ от стимулирующих, гормональных, антибиотических и других фармакологических препаратов, обладающих кумулятивным действием и способных передаваться человеку через потребляемые продукты животноводства.

Этим требованиям отвечают природные биологически активные добавки – сине-зеленые микроводоросли (хлорелла, спирулина, дуналиелла и. т. д.), которые богаты высококачественными питательными веществами, особенно белками (65...72 %), β -каротином и минеральными веществами. Уникальность их биохимического состава делает их привлекательными и позволяет использовать в составе комбикорма как источника важнейших компонентов, участвующих в обмене веществ сельскохозяйственных животных.

В данной работе проведены экспериментальные и теоретические исследования автотрофного биосинтеза субстанций сине-зеленых микроводорослей в пленочном фотобиореакторе с противоточным движением газовой и жидкой фаз и разработаны рецептуры сбалансированного комбикорма, обеспечивающие функциональность, коррекцию иммунного статуса и высокую продуктивность сельскохозяйственных животных.

Разработана физико-математическая модель массообмена при фотоавтотрофном биосинтезе суспензии сине-зеленых микроводорослей и их использование для проектирования биореакторов нового поколения и управления технологическими параметрами процесса аэробного получения культуральной жидкости.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА АМАРАНТА

В ходе разработки технологии переработки зерна амаранта была разработана непосредственная схема глубокой переработки (Рисунок). Проведенный анализ существующей технологии переработки амаранта выявил такие проблемы как отсутствие бункерного хранения зерна мелкосемянной культуры и малые сроки хранения муки и крупы.

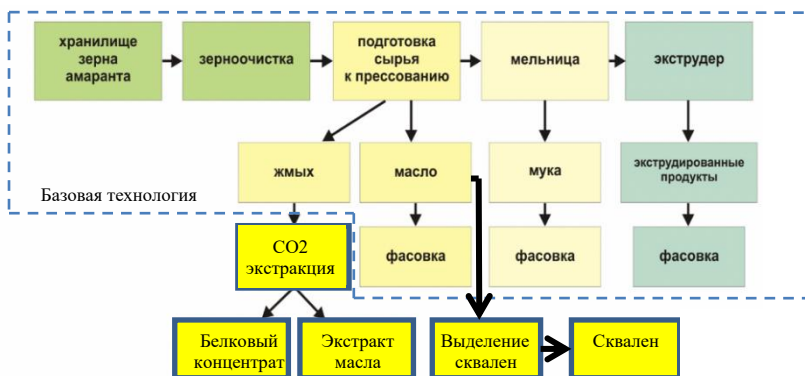


Рисунок. Блок-схема глубокой переработки амаранта

Проведенные исследования позволили предложить следующие решения указанных проблем:

- разработана новая конструкция бункера для хранения зерна амаранта и других мелкосемянных культур;
- в качестве способа для хранения муки и крупы амаранта необходимо использовать вакуумную упаковку в герметичный многослойный пакет (полиэтиленовый с фольгированием).

В.Н. Шаршов, Е.В. Литвинов, К.В. Харченков

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО КАЗЕИНА НА ОСНОВЕ
ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Нами был разработан эффективный, энергосберегающий способ для непрерывной сушки гранулированного казеина и предложена конструкция установки для его реализации.

Предварительно отпрессованный и гранулированный казеин подают в подогреватель, а затем в камеру для сушки перегретым паром атмосферного давления в которой продукт находится в псевдоожиженном слое. Далее гранулы направляют в камеру для сушки подогретым атмосферным воздухом, при этом одновременно подводят СВЧ энергию с помощью СВЧ магнетронов и создают пониженное давление в камере вакуум-насосом. Осуществление процесса при пониженном давлении позволяет достичь его высокого качества при высокой интенсивности проведения процесса.

Затем продукт направляют в камеру для досушки подогретым атмосферным воздухом, при одновременном подводе СВЧ энергии и создании пониженного давления. Сухие, горячие гранулы подают в охладитель для охлаждения холодным воздухом, после чего готовый продукт направляют на упаковку.

Предлагаемый способ и установка позволяют:

- повысить энергетическую эффективность работы установки, т. к. практически полностью используется теплота отработанных теплоносителей в контурах рециркуляции и теплота конденсации хладагента применяемого для получения искусственного холода необходимого для работы линии;

- получить холодный воздух, который используют для охлаждения готового продукта и СВЧ магнетронов, что позволяет повысить качество готового продукта и эксплуатационную надежность работы линии;

- достичь высокого качества готового продукта за счет осуществления сушки и досушки продукта при пониженном давлении.

В.Ю. Овсянников

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОГО
ЗАМОРАЖИВАНИЯ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ
БИНАРНОГО ЛЬДА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ**

Технология охлаждения двухфазным теплоносителем – бинарным льдом (Технология Айс-сларри) предусматривает создание технологических режимов, при которых формируется льдо–водяная шуга, содержащая от 10 до 50 % льда с размером кристаллов от 5 до 50 мкм, распределенных в жидкой фазе.

Исследован характер изменения толщины слоя льда, формирующегося на поверхности морозильного цилиндра во времени при отсутствии перемешивания.

Наибольшая скорость льдообразования наблюдается на протяжении первых минут охлаждения. При температуре минус 2° С через 5 минут процесса скорость льдообразования составляла порядка 20 мм/час, а при температуре теплообменной поверхности минус 15° С это величина составляла около 45 мм/час. На протяжении дальнейшего охлаждения с увеличением толщины слоя льда повышалось термическое сопротивление между теплообменными поверхностями морозильного цилиндра и слоя намороженного льда.

Количественное сравнение эффективности процесса льдообразования при различных температурах теплообменной поверхности проводили по критерию эффективности. Выявлено, что с повышением температуры стенки цилиндра повышается продолжительность намораживания слоя льда, но эффективность процесса остается достаточно высокой. Также эффективность процесса высока при получении льда из растворов с малой концентрацией растворимых веществ.

Изучено изменение производительности и затрат энергии на выработку бинарного льда.

А.А. Берестовой, И.С. Юрова, А.Н. Мартеха

**РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ
МАСЕЛ НЕКОНДЕНСИРУЕМЫМ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ**

Дезодорация – последний и один из основных этапов обработки растительных масел и жиров. Дезодорации предшествует либо химическая рафинация пищевых масел и жиров, включающая стадии обезвоживания, нейтрализации, винтеризации, промывки и фильтрования либо физическая рафинация, включающая стадии обезвоживания, отбелки и фильтрования.

Список удаляемых при дезодорации веществ, достаточно большой и включает в себя свободные жирные кислоты; различные компоненты, вызывающие неприятный вкус и аромат, типа альдегидов, кетонов, спиртов и углеводов; и вещества, образованные при тепловом разложении пероксидов. Кроме того, только на стадии дезодорации удаляются остатки химических веществ (ядохимикатов, гербицидов и пестицидов), используемых при выращивании сырья для производства масел и жиров. Для придания требуемого качества маслам и / или жирам эти вещества должны быть удалены практически полностью.

Все перечисленные вещества – высокотоксичны, а это значит, что в пищу и в производстве пищевых продуктов можно использовать только рафинированные дезодорированные масла.

В результате проведения анализа способов, существующих систем и оборудования для дезодорации растительного масла инертным газом были приняты технические и технологические решения для разработки и изготовления комплексной системы дезодорации растительного масла инертным газом.

А.Н. Остриков, В.А. Афанасьев, И.С. Богомолов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО
НАПЫЛЕНИЯ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ
НА ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ ГРАНУЛЫ АКВАКОРМОВ**

Для получения экструдированных продукционных комбикормов с вакуумным напылением в состав экспериментальной установки входит установка для вакуумного напыления жидких компонентов и устройство для ввода жидких компонентов (рис. 1).

Измерение и контроль основных технологических параметров процесса экструзии при проведении экспериментальных работ проводились при помощи приборов, отградуированных и прошедших поверку.

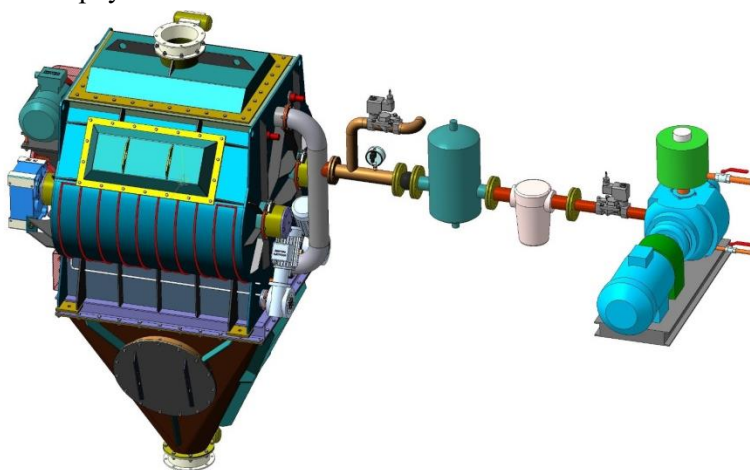


Рис. 1. Установка вакуумного напыления

Все компоненты кормовой смеси отдельно измельчались и отсеивались через набор сит.

Экструдировали кормовую смесь с размером частиц 0,32–0,63 мм. Фракции большего размера направляли на повторное дробление. Измельченные компоненты с заданным размером частиц тщательно смешивались в миксере и направлялись в загрузочный бункер экструдера.

Нагрев матрицы и корпуса до необходимой температуры производился предварительно в течение 20...25 мин. Когда достигалась температура в матрице и корпусе, близкая к рабочей (110–160 °С), включали привод, затем обрабатывали исходную смесь в установленном режиме.

Установка для ввода в комбикорма жидких компонентов (кормового жира, растительного масла и др.) обеспечивает ввод жидких компонентов в виде отдельных доз или в непрерывном режиме с заданной величиной расхода в смесители периодического и непрерывного действия.

Установка (рис. 2) имеют широкий диапазон регулирования доз жидкости – от 1 до 200 л и ее расхода – от 100 до 4000 л/ч.



Рис. 2. Установка для ввода в комбикорма жидких компонентов

Установка ввода жира осуществляет автоматическое объемное дозирование с помощью расходомера. Она нагревает жир до заданной температуры для оптимизации величины вязкости, что позволяет добиться более точного дозирования и равномерного распределения жидких компонентов при подаче их в дражировочный аппарат.

Получаемые виды аквакормов обладают малой капиллярной пористостью. Это связано с переходом от традиционных приемов гранулирования к высокоэффективному экструдированию с регулируемой пористостью.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что форма, площадь поперечного сечения образца существенно влияют на кинетику влагопоглощения, определяемую диффузией и капиллярным транспортным механизмом поднятия в жидкости.

Полагаем, что капиллярные разрывы, состоящие из узких проходов или больших пустот вдоль пути движения водяного потока по системе капиллярных пор, могут создавать дополнительные препятствия. И тем самым вносятся граничные условия на процессы массопереноса в пористом теле.

Очень маленький расчетный размер пор, а также модифицирование поровой поверхности поверхностно-активными веществами свидетельствуют о том, что структура пор сильно препятствует проникновению жидкости.

Это вызывает блокирование пор и приводит к низкой проницаемости. Тогда механизмы капиллярного всасывания не могут самостоятельно объяснить процессы влагопоглощения пористым телом.

Полученные результаты по изучению капиллярного влагопоглощения свидетельствуют, что процесс этот протекает длительное время.

Экструдированные комбикорма с вакуумным напылением имеют преимущества по сравнению с экструдированными комбикормами, приготовленными по традиционной технологии:

- значительное улучшение питательных качеств комбикорма;
- незначительное дробление комбикормов; улучшенные физические качества комбикормов;
- высокий уровень проникновения жидких компонентов;
- поверхность экструдата остается сухой; сохранение дорогостоящих добавок;
- применение небольших доз ингредиентов.

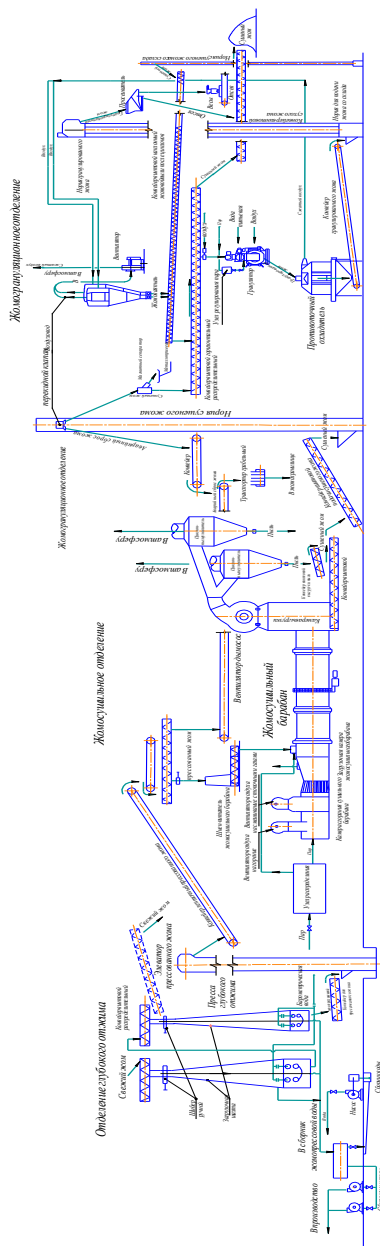
С.Н. Зобова, А.Н. Остриков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШЕНОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА МЕТОДОМ ДВУХКРАТНОГО ПРЕССОВАНИЯ

Производство сушеного гранулированного свекловичного жома методом однократного прессования, как наиболее распространённого способа его переработки, сопряжено со значительными энергозатратами, затрачиваемыми, в основном, на этапе конвективной сушки в барабанной сушилке [1].

Для повышения энергоэффективности на Боринском сахарном заводе АО «АПО «Аврора» (Липецкая обл.) планируется разработка с последующим внедрением технологии сушеного свекловичного жома методом двухкратного прессования (рис. 1).

Из верхней части диффузионной установки жом с начальной влажностью 93–94 % выгружается при помощи горизонтальных шнеков поступает на пресс для предварительного отжима до содержания около 8,0–12,0 % сухих веществ. Затем жом подают на пресс фирмы «Babbini» (рис. 2), где он отжимается до содержания 24–32 % сухих веществ. Отжатый жом, подлежащий сушке, подается в барабанную сушилку, в которой он сушится дымовыми газами, получаемыми при сжигании природного газа. Дымовые газы при сушке жома имеют температуру 500–800 °С. Температура отработавшего сушильного агента на выходе из установки, 120–150 °С. Смесь дымовых газов и паров воды температурой 120–150 °С отсасывается из жомосушильного аппарата дымососом и направляется в циклон-уловитель для улавливания унесенного газами частиц сушеного жома. Влажность высушенного жома составляет 11–13 %. Уловленный жом сгружается в шнек сушеного жома, а дымовые газы из циклона-уловителя выбрасываются в атмосферу. Высушенный жом выходит из сушилки с температурой 50 °С. Сушеный жом забирается из сушильного аппарата винтовыми конвейерами и грабельным транспортером подается в склад или на гранулирование.



Барабанная сушилка для свекловичного жома длиной 12 метров и диаметром 2,4 метра может дать за сутки при двух оборотах в минуту и температуре дымовых газов 800 °С до 300 центнеров сухого жома, что соответствует переработке примерно 5000 центнеров сахарной свеклы. Гранулированный жом, имеющий размеры гранул диаметр 10 мм и длину 15–50 мм, Температура гранул после гранулятора составляет 70–80 °С, поэтому он направляется в противоточный охладитель, в котором гранулы жома охлаждаются до температуры 20–25 °С.

Из 100 кг сырого жома получается примерно 7 кг сухого жома. Высушенный по предлагаемый технологии свекловичный жом позволит снизить расход топлива почти на 13,5 %.

По исследованиям А.В. Дранникова: 1 кг сушеного жома содержит в среднем: кальция 4,7 и фосфора 1,2 г; из витаминов группы В – витамин В₁ (аневрин) – 0,55 мг/кг; витамин В₂ (лактофлавин) – 0,20 мг/кг; витамин В₆ (пиридоксин) – 0,1 мг/кг; количество переваримого белка составляет 33 г.; содержание кормовых единиц 0,85 [2]. Поэтому гранулированный сушеный жом можно использовать как важный компонент при производстве комбикормов для крупного рогатого скота.

Литература

1. Орлов, В.Д. Производство сушеного свекловичного жома [Текст] / В.Д. Орлов, А.С. Заборсин, С.Л. Яровой. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 112 с.
2. Дранников А.В. Повышение эффективности процесса сушки свекловичного жома перегретым паром // монография / Воронеж, ВГТА/ – 2010. – 172 с.

К.А. Сизиков, Л.Н. Фролова, В.Н. Василенко
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ КРС

Физиологическая потребность коров в защищенном и незащищенном протеине в различные лактационные периоды установлена научно обоснованными нормами. Так, высокопродуктивной корове, особенно в первые 100 дней после отела, необходимо обеспечить потребление нерасщепляемого протеина до 45 % в сухом веществе (СВ) рациона. В случаях несоблюдения этого требования аммиак накапливается в рубце с последующим всасыванием в кровяное русло и продвижением по воротной вене к печени. Нами предлагается технология, в основе которой лежит экструдирование – кратковременный высокотемпературный процесс обработки сырья под давлением с целью достижения заданных параметров защиты распада протеина в рубце у КРС. Режимы процесса подобраны таким образом, чтобы усвояемость в тонком отделе кишечника была на уровне 90–95 %. Особенностью технологии является то, что экструдированное сырье из экструдера подается в аппарат для нанесения масложировых компонентов и далее в тарельчатый гранулятор, куда подают измельченное на дробилке минеральное сырье (цеолит, бентонит, известняк). За счет хорошей адгезии минерального сырья равномерно наносится на поверхность гранул. Разработанная кормовая добавка предназначена для адсорбции, трансформации и элюирования микотоксинов и их производных в кормах и пищеварительной системе КРС, а также для профилактики дисбактериозов, инфекционных заболеваний и улучшения микрофлоры кишечника. Таким образом, предлагаемая технология создает дополнительную защиту биологически активных веществ от внешних факторов, что позволяет лучше сохранять активность компонентов, входящих в кормовую добавку, в тоже время однородность распределения витаминов и минералов достигает 95–97 %. Получаемые добавки не слеживаются при хранении, не пылят и не расслаиваются в процессе транспортировки и приготовления корма.

Литература

1. Василенко В.Н. и др. Разработка ресурсосберегающей технологии псевдокапсулированных премиксов из отходов масложировой промышленности // Конф «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности». Казань, 2020. С. 38–41.
2. Афанасьев В.А. и др. Разработка стартерных комбикормов для крупного рогатого скота // Кормопроизводство. 2020. № 2. С. 39–43.

Л.Н. Фролова, И.В. Драган, Н.А. Михайлова

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА
ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

Анализ методов оценки и путей снижения отрицательного экологического воздействия дизелей на окружающую среду показывает, что в настоящее время основным направлением является использование альтернативных топлив.

Использование получаемого из отходов переработки сельскохозяйственного сырья и животноводческих комплексов биотоплива позволит существенно повысить энергетическую эффективность производства.

Основными направлениями исследований выбраны: разработка концепции моделирования ресурсосберегающих технологий комплексной переработки масличных культур, разработка научно-теоретические основы процессов получения биодизеля и топливных гранул и на единой методологической основе, изучение механизма и исследование внутреннего и внешнего тепло-и массообмена, выявление основных гидродинамических и кинетических закономерностей обработки и разработка на этой основе рационального способа обработки, а также экспериментальное исследование процессов получения биодизеля и топливных гранул.

Совершенствования процессов получения биодизеля и топливных гранул являются, на наш взгляд, снижение энергопотребления основного производственного оборудования, за счет применения теплонасосных установок, применение альтернативных масличных культур и их композиций, а также совершенствование маслопрессового оборудования, как основного потребителя энергии.

Е.Ю. Желтоухова, И.Н. Болгова, И.С. Наумченко

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ТВЕРДОГО ТУАЛЕТНОГО МЫЛА С АНТИСЕПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Для варки туалетного мыла используют основное и вспомогательное сырье. В качестве основного сырья используют: растительные масла (пальмовое, пальмоядровое масла), твердую фракцию пальмового масла – стеарин, животный жир; синтетические жирные кислоты, гидрированные растительные масла – саломасы. Вспомогательное сырье добавляют для того, чтобы придать мылу необходимый цвет и запах, антисептические свойства. В качестве антисептических добавок используют экстракт тысячелистника обыкновенного, экстракт календулы лекарственной цветков, экстракт ромашки аптечной цветков; витамины (FL B5 и др.). Парфюмерные отдушки придают определенный запах мылу, который может быть цветочный, фруктово-ягодный фантазийный.

Варка мыла начинается с того, что жировое сырье хранится в резервуарах по видам. Для нагрева жирового сырья внутри емкостей установлены змеевики, по которым подается глухой пар. Варка основы туалетного мыла осуществляется в мыловаренных котлах.

Технологический процесс приготовления основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров включает следующие стадии: каустическое омыление жирового набора, шлифование мыльной основы, отстаивание мыльной основы, слив мыльной основы, облагораживание подмыльного клея. Массу в варочном котле нагревают острым паром через барботер. Далее идет фасовка туалетного мыла. Цех фасовки туалетного мыла вырабатывает продукцию за счет механической обработки высококачественного ядрового мыла (который состоит в основном из натриевых солей натуральных и синтетических жирных кислот) с добавлением антисептических и смягчающих средств.

А.А. Шевцов, Н.А. Сердюкова, К.В. Орешин

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ РЕАКТОРА ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

При выборе оптимальной нагрузки реактора переэтерификации растительных масел необходимо учитывать экономическую эффективность, основными из слагаемых которой являются себестоимость продуктов и ее составляющие, а также доход от удельной производительности реактора. Необходимость экономической оценки объясняется тем, что технологические параметры (концентрация, температура, давление, соотношение реагирующих потоков) могут по-разному влиять на такие показатели, как конверсия, селективность, удельная производительность реактора, а следовательно, и на себестоимость продуктов.

Конверсия сырья за один проход определяет расход энергии, так как ее затраты требуются на выделение непрореагировавшего сырья, доведение его до необходимых условий (температура, давление) и транспортировку. Выход целевых продуктов определяет энергетические затраты на разделение и формирует предпосылки для создания безотходных производств, так как чем больше эта величина, тем меньше побочных продуктов, которые требуется перерабатывать или доводить до товарного вида.

В работе рассматривается некаталитическая технология получения сложных эфиров жирных кислот из рапсового масла, предусматривающая переэтерификацию масла сверхкритическим спиртом и флюидную сверхкритическую CO_2 -экстракцию реакционной смеси, ее сепарирование в поле центробежных сил для отделения глицерина от целевого продукта, отделение диоксида углерода газожидкостной сепарацией с получением очищенного биодизельного топлива. Однако выбор оптимальной нагрузки реактора переэтерификации по исходному маслу не позволяет в полной мере считать предложенную технологию энергоэффективной.

В процесс переэтерификации растительных масел минимизации подвергались удельные сырьевые и теплоэнергетические потери:

$$R_{min} = \min \left[\Pi_m (G_m - M_m / M_{\bar{o}} G_{\bar{o}}) / G_{\bar{o}} + \Pi_c (G_c - G_c^u - M_c / M_{\bar{o}} G_{\bar{o}}) / G_{\bar{o}} + \frac{\sum N}{G_{\bar{o}}} \right], \quad (1)$$

где Π_m, Π_c – оптовые цены соответственно растительного масла и спирта, р/кг; $G_m, G_c, G_c^u, G_{\bar{o}}$ соответственно массовые расходы растительного масла, сверхкритического спирта, непрореагировавшего спирта на выходе из реактора, биодизельной смеси, кг/ч; $M_m, M_c, M_{\bar{o}}$ молярные массы соответственно растительного масла, спирта, биодизельной смеси, кг/моль; $\sum N$ – уммарные теплоэнергетические затраты в единицу времени, р/ч.

$$\sum N = c_1 q_1 + c_2 q_2 + c_2 (N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6), \quad (2)$$

где c_1, c_2 – стоимость хладагента, р/кг и электроэнергии, р/кВт·ч; q_1 – расход хладагента на конденсацию паров непрореагировавшего спирта, м³/ч; q_2 – расход электроэнергии парогенератора на создание сверхкритических условий в реакторе, р/кВт·ч; $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6$ соответственно потребляемые мощности насосов высокого давления подачи рапсового масла и этилового спирта, привода мешалки, насоса отвода биодизельной смеси, вакуум-насоса отвода паров избыточного спирта и парогенератора, кВт.

По данным производственного процесса переэтерификации

$$(G_c - G_c^u - M_c / M_{\bar{o}} G_{\bar{o}}) / G_{\bar{o}} = \alpha (G_{\bar{o}})^{\beta}, \quad (4)$$

где α , – некоторые фиксированные коэффициенты.

Разрешая (3) относительно

$$G_{\bar{o}} G_{\bar{o}} = \frac{M_{\bar{o}}}{M_m} G_m, \quad (5).$$

Имеем нормирующий коэффициент:

$$R = \Pi_c \times \alpha \times \left(\frac{M_{\bar{o}}}{M_m} G_m \right)^{\beta} + \frac{M_m}{M_{\bar{o}} G_m} k \sum N. \quad (6)$$

Существование единственного минимума определено из условия равенства первой производной (6) нулю:

$$\frac{dR}{dG_m} = \Pi_c \times \alpha \times \left(\frac{M_{\delta}}{M_m} \right)^{\beta} \beta G_m^{\beta-1} - \frac{M_m}{M_{\delta}} k \Sigma N \times G_m^{-2} . \quad (7)$$

Выражение (7) приведено к виду:

$$\frac{G_m^{\beta-1}}{G_m^{-2}} = G_m^{\beta+1} = \frac{M_m}{M_{\delta}} k \Sigma N \Bigg/ \Pi_c \times \alpha \times \left(\frac{M_{\delta}}{M_m} \right)^{\beta} \beta \quad (8)$$

Отсюда найден единственный экстремум

$$G_m^* = \left(\frac{M_m}{M_{\delta}} k \Sigma N \Bigg/ \left(\Pi_c \times \alpha \times \left(\frac{M_{\delta}}{M_m} \right)^{\beta} \beta \right) \right)^{\frac{1}{\beta+1}} . \quad (9)$$

Дифференцируя (7), получено

$$\Pi_c \times \alpha \times \left(\frac{M_{\delta}}{M_m} G_m \right)^{\beta} \beta (\beta-1) G_m^{\beta-2} + 2 \frac{M_m}{M_{\delta}} k (\Sigma N) \times G_m^{-3} > 0, \quad (10)$$

Отсюда следует, что точке единственного экстремума (9) имеет место минимум.

Таким образом, обосновано существование экстремальной характеристики процесса переэтерификации растительного масла в среде сверхкритического спирта.

Зависимость удельных сырьевых и теплоэнергетических потерь от расхода растительного масла $R = f(G_m)$ позволяет непосредственно оценить экономическую эффективность оптимальной нагрузки реактора переэтерификации растительного масла сверхкритическим спиртом.

А.А. Шевцов, С.С. Куликов

ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ КРИВЫХ КИНЕТИКИ СУШКИ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ

При описании кинетики сушки дисперсных материалов в непрерывно действующих сушилках возможно применение двух разных подходов к построению математических моделей кинетики сушки. Первый подход предполагает описание кинетики сушки единичных частиц с последующим обобщением этого описания на весь ансамбль движущихся частиц в подвижной системе координат. При втором подходе в неподвижной системе координат рассматриваются в совокупности все частицы, движущиеся слоем по сушильному тракту.

Профессор С.П. Рудобашта предложил декомпозировать общую кинетическую задачу на два основных уровня при использовании этих подходов: микрокинетический – описание кинетики сушки единичных частиц и макрокинетический – описание процесса сушки материала во всем рабочем объеме аппарата. Преимущество микрокинетики сушки единичных частиц состоит в возможности рассчитывать изменение среднего влагосодержания частицы во времени и поле влагосодержаний в ней. А при переходе на макроуровень появляется возможность рассчитать температуру материала в слое на выходе из сушиллки и тем самым более точно составить ее тепловой баланс.

В работе отдается предпочтение макрокинетическому описанию процесса сушки зерна в гравитационном слое шахтной зерносушиллки. Объектом исследования являлось зерно тритикале, обладающее высоким биологическим потенциалом, полученное скрещиванием представителей двух разных родов злаковых растений – пшеницы и ржи. Исследования режимов сушки зерна тритикале проводились на экспериментальной установке, в которой моделировалось противоточно-прямоточное продувание зернового слоя путем изменения направления агента сушки. Эмитировался процесс сушки в шахтной зерносушиллке: слой зерна не перемещался, а изменялось направление потока сушильного агента, что в реальных условиях соответствует его подаче через подводящие короба и отводу через отводящие короба.

Экспериментальные кривые сушки и нагрева зерна тритикале, а также кривые скорости сушки, полученные методом графического дифференцирования свидетельствуют о наличии периода убывающей скорости сушки.

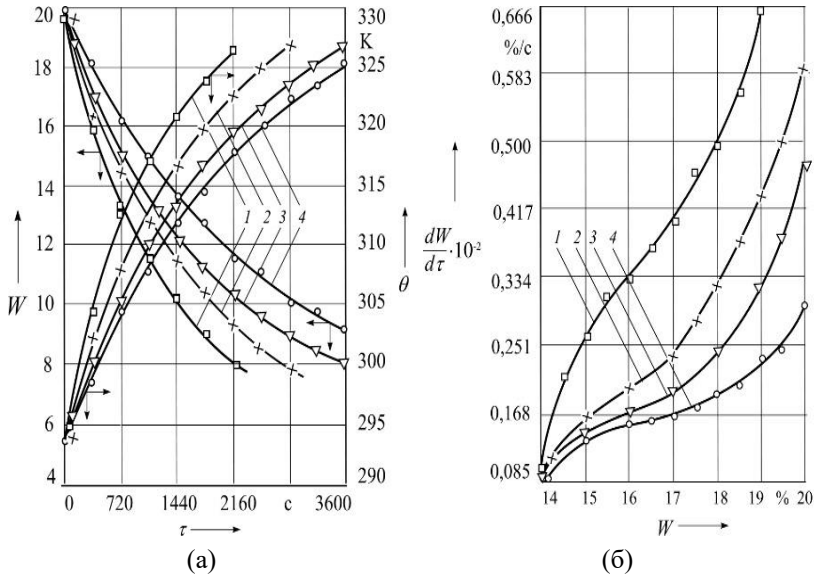


Рисунок – Кривые сушки и нагрева зерна тритикале (а); кривые скорости сушки зерна тритикале (б): $v = 1,1$ м/с; $T = 363$ К; $h = 0,25$ м, x_0 , кг/кг: 1 – 0,001; 2 – 0,005; 3 – 0,010

По результатам экспериментально-статистического исследования получена эмпирическая формула кривой сушки зерна тритикале:

$$(W - W_p) / (W - W_n) = \exp \left[-8,22 \cdot 10^{-15} (T - 273)^5 v^2 h^{-2} \tau \right],$$

Формула справедлива в следующем диапазоне изменения параметров: температура, скорость и влажностное содержание сушильного агента $T = 363\text{--}393$ К; $v = 0,2\text{--}1,2$ м/с; $x = 0,001\text{--}0,015$ кг/кг; толщина продуваемого слоя $h = 0,10\text{--}0,25$ м.

Для определения распределения температур в слое зерна по высоте шахты между подводящим и отводящим коробом в направлении вектора движения зерна в шахте использовалось дифференциальное уравнение теплового баланса в следующем виде:

$$\frac{\partial(\rho(\tau, y) T(\tau, y))}{\partial \tau} = \alpha_v(T(\tau, y) - T(\tau, y)) + \\ + r \frac{\partial \left(\frac{W(\tau, T_{ca}, v, y)}{100 + W(\tau, T_{ca}, v, y)} \rho(\tau, y) \right)}{\partial \tau}.$$

После интегрирования и преобразований получено выражение для определения температуры зерна в следующем виде:

$$T(\tau_i, y_i) = \left[\frac{\rho(\tau_{i-1}, y_{i-1}) c(\tau_{i-1}, y_{i-1})}{\rho(\tau_i, y_i) c(\tau_i, y_i)} - \frac{\alpha_v(\tau_i - \tau_{i-1})}{\rho(\tau_i, y_i) c(\tau_i, y_i)} \right] T_3(\tau_{i-1}, y_{i-1}) + \frac{\alpha_v(\tau_i - \tau_{i-1})}{\rho(\tau_i, y_i) c(\tau_i, y_i)} T_{ca(i-1)} + \\ + \frac{r}{\rho(\tau_i, y_i) c(\tau_i, y_i)} \times \left[\frac{W(\tau_i, T_{cai}, v_i, y_i)}{100 + W(\tau_i, T_{cai}, v_i, y_i)} \rho(\tau_i, y_i) - \frac{W(\tau_{i-1}, T_{ca(i-1)}, v_{i-1}, y_{i-1})}{100 - W(\tau_{i-1}, T_{ca(i-1)}, v_{i-1}, y_{i-1})} \rho(\tau_{i-1}, y_{i-1}) \right],$$

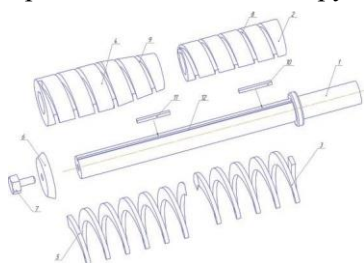
Принимая во внимание, что расстояние между подводящими и отводящими коробами можно считать постоянными, то выражение существенно упрощается. Располагая зависимостью насыпной плотности и теплоемкости зерна от влажности, осуществляя подбор коэффициента теплообмена методом машинного эксперимента, можно проводить систематические расчеты среднеинтегральных температур нагрева в слое зерна тритикале в шахтной зерносушилке по вертикальной координате y_i ($1 \dots n$).

Обычно в шахтных сушилках зерно находится в плотном, малоподвижном слое. Скорость воздуха в слое невелика, а скорость движения зерна примерно в 100 раз меньше скорости воздуха. При постоянной скорости движения зерна можно в любой момент времени определять среднеинтегральную температуру слоя зерна в горизонтальном сечении между коробами шахтной зерносушилки.

М.В. Копылов, И.Н. Болгова, И.С. Наумченко

УНИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАСЛОПРЕССУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

При получении растительных масел на шнековом масло-прессе шнек является деталью, максимально подвергаемой механическому воздействию, что в результате приводит к снижению производительности оборудования.



Самым изнашиваемым элементом шнека являются витки. При их износе приходится изготавливать новый шнек, что порой составляет немалую стоимость. Существующие технологии восстановления витков дорогостоящие и часто не обеспечивают заявленный срок эксплуатации.

Предлагается конструкция шнека, представляющая собой сборную конструкцию. Шнек состоит из вала 1 со шпоночным пазом 12, двух втулок 2 и 4, двух винтовых навивок 3 и 5, прижимной шайбы 6, винта 7, двух шпонок 10 и 11. Шнек собирается следующим образом. В шпоночный паз 12 вала 1 вставляется шпонка 10, затем одевается втулка 2 с винтовым пазом 8. На втулку 2 накручивается винтовая навивка 3. Профиль навивки 3 полностью повторяет профиль винтового паза 8. Затем в шпоночный паз 12 вала 1 вставляется шпонка 11 и одевается втулка 4 с винтовым пазом 9. На втулку 4 накручивается винтовая навивка 5. Далее втулки фиксируются прижимной шайбой 6 и винтом 7.

Таким образом, использование предлагаемой конструкции позволяет: менять только винтовую навивку при износе витков, не затрачивая дополнительные средства на вытачивание всего шнека; подбирать оптимальную толщину витков для широкого диапазона прессуемого сырья; использовать различные профили винтовой навивки (например, с прорезями в витках), что позволит дополнительно измельчать сырье в зоне транспортирования.

А.Н. Остриков, М.В. Копылов, Н.Л. Клейменова

**РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА
РАЗЛИЧНЫЕ ГРУППЫ НАСЕЛЕНИЯ**

Большинство растительных масел обладают замечательными полезными свойствами, являясь при этом обязательным элементом сбалансированного рациона питания человека. Причём, у каждого из них имеются свои отличительные полезные особенности, которыми не обладают другие виды масла. Поэтому рекомендуется употребление в пищу несколько видов полезных растительных масел.

В связи с этим возникает необходимость в разработке рецептур многокомпонентных растительных масел функционального назначения ориентированных на различные группы населения. Строгих стандартов, регламентирующих суточную порцию омега-3, 6 и 9 не существует. Чтобы сориентироваться в дозировке, нужно обратиться к рекомендациям официальных учреждений. Так, Минздрав советует принимать 1.5–3 г. ПНЖК в сутки. Американская FDA в общих предписаниях для взрослых людей (от 2 г.) указывает на необходимость профилактического употребления омега-3 по 2 г. из БАДов и по 3 г. из пищи. А ВОЗ в целях предупреждения сердечно-сосудистых патологий и атеросклероза рекомендует дозу до 2–3 г. в сутки. Отмечается, что профессиональных спортсменов, наиболее полезна именно ω -3, так как она создает липолитический и анаболический эффекты. Кроме того, у многих людей, в особенности спортсменов, наблюдается некоторый недостаток этого вещества. Суточная норма спортсменов: ω -3 – 5–6 г., ω -6 – 2–3 г. В период беременности потребность организма в ПНЖК возрастает, поэтому и польза суточной дозы ω -3 для беременных возрастает и составляет 1,5 – 2,5 г., потребление ω -6 – 1–1,2 г.

В результате экспериментальных исследований были разработаны купажи растительных масел, состоящие из горчичного, рапсового, льняного, масла расторопши, подсолнечного, согласно вышеприведенным нормам и рекомендациям. Методом математического планирования было рассчитано точное соотношение ω -3 и ω -6 для каждой группы населения.

В.А. Афанасьев, И.С. Богомолов, П.В. Филиппов

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ- КОНЦЕНТРАТОВ ДЛЯ ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ

В последнее время в отечественном звероводстве одной из главных проблем является организация кормления, которая в первую очередь возникла из-за отсутствия центральной кормовой базы. Главной проблемой в кормлении клеточных пушных зверей является нехватка качественного животного белка.

Основным источником белка и жира служат корма животного происхождения, являющиеся основой рациона пушных зверей. Для получения углеводов используются растительные корма, для получения витаминов и минеральных веществ – кормовые добавки. Специалистами рекомендован целый ряд кормовых средств, добавок и биологически активных веществ (БАВ), направленных на повышение продуктивности и жизнеспособности животных и снижающих затраты на их кормление [1–3].

Замена в рационах пушных зверей мясо-рыбных кормов сухими, а так же перевода их на полнорационные комбикорма имеет ряд преимуществ по сравнению с влажными мешанками. Главным фактором является снижение затрат на содержание холодильного оборудования, кормокухонь, хранения, транспортировку, что влечет за собой сокращение себестоимости шкурок в 1.5–2 раза. Так же повышается санитарное качество корма, а значит понижается вероятность заноса инфекций в хозяйство. Использование сухих комбикормов-концентратов гарантирует сбалансированный и правильно подобранный по основным питательным, минеральным и биологически активным веществам постоянный состав корма.

Одним из эффективных способов получения комбикормов-концентратов является экструдирование. Экструдированием называют обработку сырья под действием высокого давления и температуры для повышения усвояемости питательных веществ. Подлежащее экструзии сырье доводят до влажности 12–16 %, измельчают и подают в экструдер, где оно разогревается до температуры 120–150 °С за счет трения и высокого давления (2,8–3,9 МПа).

Затем сырье перемещается из зоны высокого давления в зону атмосферного и происходит так называемый взрыв, в результате которого гомогенная масса вспучивается и образуется продукт микропористой структуры. Под действием высокой температуры и давления почти полностью уничтожаются патогенная микрофлора и плесневые грибы.

Технология производства экструдированных комбикормов-концентратов для пушных зверей включает прием и накопление оперативного запаса сырья, его очистку, пропаривание, экструдирование, охлаждение и измельчение экструдата, нанесением жидких жировитаминных добавок на поверхность экструдированных гранул, дозирование и смешивание компонентов комбикорма, транспортирование сырья и складирование готовой продукции.

Применение экструдированных комбикормов-концентратов для пушных зверей позволит создавать рецепты нового поколения для различных видов пушных зверей сбалансированных по составу и с высоким содержанием белково-жирового комплекса со сниженной себестоимостью конечной продукции пушного звероводства.

Литература

1. Квартникова, Е. Балансирующие комбикорма-концентраты в рационах молодняка норок / Е. Квартникова, В. Куликов // Комбикорма. – 2013. – № 12. – С. 69–71.
2. Квартникова, Е. Таурин в кормлении молодняка норок / Е. Квартникова, В. Куликов, Н. Куликов, Р. Бардаченко // Комбикорма. – 2011. – № 5. – С. 59–60.
3. Савина, Г.И. Оптимальный уровень введения в рацион молодняка норок перьевого муки, приготовление по технологии HTSL / Г.И. Савина, В.Н. Куликов, Е.Г. Квартникова // Кролиководство и звероводство. – 2014. – № 1. – С. 6–9.

Г.В. Калашников

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕНТОЧНОЙ СУШИЛКИ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

Важное значение для переработки плодоовощного сырья АПК имеют задачи энергосбережения, что предусматривает использование эффективных конструкций и технологий сушки.

Цель работы – определение направлений снижения энергозатрат для конструкции ленточной сушилки.

Наиболее важные направления снижения энергозатрат определяются, в основном, конструктивными и эксплуатационными факторами сушилки.

Одними из направлений достижения энергосберегающего эффекта на основе конструктивных составляющих сушилки являются использование: рециркуляции сушильного агента; рекуперации теплоты отработанного теплоносителя или высушенного материала; эффективной теплоизоляции корпуса сушилки, а также эффективной гидродинамики процесса. Оптимальные режимы эксплуатации сушилок взаимосвязаны с соответствием кинетическим закономерностям процесса влагоудаления.

В предлагаемой конструкции ленточной сушилки достигается снижение энергозатрат привода и требуемой мощности вентилятора. Это обеспечивается вследствие уменьшения гидродинамического сопротивления потоку теплоносителя со стороны рабочих элементов (газораспределительной решетки) холостой ветви транспортирующего органа ПТУ, снижения потерь напорных характеристик теплоносителя, использования инерционных сил, а также комбинированного гидродинамического режима слоя дисперсного материала с вибрационными режимами процесса сушки.

Энергосберегающий эффект обусловлен также при достижении интенсификации процесса сушки. При этом интенсификация сушки позволяет не только существенно сократить энергопотребление на проведение процесса, но и минимизировать габариты сушилки. При числе перегородок $n=2$ в конструкции длина сушилки сокращается в 1,28 раза.

В.В. Торопцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СОКА ИЗ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Процесс получения сока из сахарной свеклы при реализации двухстадийного способа, подразумевает повышенное содержание несахаров, что связано с низким качеством сока. В дальнейшей технологии необходимо дополнительное оборудование для очистки сока, причем, если применяются мембранные фильтры, то необходима частая регенерация мембран. Соответственно, снижается производительность линии в результате частых остановок оборудования. Помимо этого, также существует проблема повышенных энергозатрат при прямом извлечении сока прессованием на начальной стадии.

В качестве решения данных проблем можно рассмотреть возможность предварительной обработки свекловичной стружки различными способами. Проведенные экспериментальные исследования возможности интенсификации процесса получения сока с помощью парового ошпаривания, за короткий промежуток времени не удается достичь полного и равномерного нагрева. Применение ошпаривания в сочетании с обработкой гипсовым раствором более эффективно, поскольку коэффициент диффузии сахарозы возрастает, а чистота увеличивается на 3...5 %, за счет препятствия переходу несахаров из клеточной ткани в сок даже при воздействии высоких температур. Применение ферментов снижает вязкость сока на 20...30 % и повышает его чистоту вплоть до 87...89 %, приближая качественные показатели прессового сока к аналогичным показателям сока, полученного диффузией.

По результатам экспериментальных исследований можно сделать выводы о возможности повышения эффективности процесса получения сока из сахарной свеклы с помощью предварительной обработки.

С.Ю. Никитина, Э. Дзерелис, Д.В. Пыльный

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССА
РЕКТИФИКАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПИЩЕВОГО
ЭТАНОЛА**

В практике спиртового производства процессы дистилляции (перегонки) и ректификации реализуются в противоточных массообменных аппаратах колонного типа непрерывного действия: при взаимодействии фаз на контактных устройствах колонн происходит диффузия легколетучего компонента из жидкости в пар и труднолетучего из пара в жидкость. В брагоректификационных установках (БРУ) для получения пищевого этилового спирта технологические операции дистилляции и ректификации совмещены, поэтому одновременное получение ректификованного и дистиллированного этанола с использованием типового колонного и теплообменного оборудования представляется экономически целесообразным.

В настоящее время в РФ цена на дистиллированный и ректификованный спирт сравнима, хотя себестоимость получения последнего продукта существенно выше. На рынке высок спрос на продукцию на основе спиртовых дистиллятов, обладающих разнообразной вкусовой и ароматической гаммой, востребован также высококачественный этиловый спирт для изготовления элитных водок, поэтому задача разработки технических и технологических решений, позволяющих одновременно вырабатывать спиртовые дистилляты и ректификаты в системе брагоректификации при повышении качества целевых продуктов, представляется важной и актуальной.

В настоящее время наиболее распространены способы получения спиртовых дистиллятов дробной периодической перегонкой сброженного сырья в кубовых аппаратах с отделением головной, средней и хвостовой фракций и непрерывной ректификацией бражки в одноколонном аппарате, состоящем из отгонной и концентрирующей частей [3, 5, 6].

Первый способ отличается высокой себестоимостью целевого продукта, хотя позволяет получать дистиллят с высокими органолептическими свойствами, определяемыми квалификацией обслуживающего персонала, качеством исходного сырья и вспомогательных материалов; второй способ даёт возможность с меньшими затратами получить дистиллят стабильного химического состава, но его органолептические качества при этом проигрывают за счёт обеднения примесными соединениями, формирующих букет напитка. В работах [6, 7] проанализированы некоторые известные технологические решения, позволяющие получать дистиллят на типовых косвенных установках спиртовых заводов: корректировка режимов работы бражной (сырцовой) колонны, выбор зоны отбора целевого продукта; оснащение БРУ дополнительным колонным аппаратом для укрепления и доочистки дистиллята; использование для производства дистиллята сивушной и ректификационной колонн. (последний технологический приём нельзя признать удачным, поскольку существенные изменения режимов эксплуатации этих колонн неизбежно могут привести к дестабилизации работы всего аппарата).

Литература

1. Buglass, A.J. Handbook of Alcoholic Beverages: Technical, Analytical and Nutritional Aspects – John Wiley & Sons, Ltd, 2011. – 1204 p.
2. Никитина, С.Ю. Схемотехника и методики расчёта брагоректификационных установок – Воронеж: ВГАСУ, 2013. – 208 с.
3. Макаров, С.Ю. Основы технологии виски – М.: ПРОБЕЛ-2000, 2011. – 196 с.
4. Никитина, С.Ю. Аналитический контроль качества ректификованного спирта, водок и спиртовых дистиллятов // Пищевая промышленность. – 2018. № 6. – С. 56–60.
5. Песчинская, В.А. Сравнительная характеристика способов производства зерновых дистиллятов // Пиво и напитки. 2015. № 6. С. 40–43.
6. Кириллов, Е.А. Производство зернового дистиллята на брагоректификационных установках из крахмалсодержащего сырья // Пиво и напитки. 2016. № 3. С. 22–24.
7. Кириллов Е.А. Способы производства зернового дистиллята на брагоректификационных установках непрерывного действия // Совр. биотех. процессы, оборудование и методы контроля в производстве спирта и спиртных напитков. Сборник трудов. М.:2017. с. 80–86.

С.Ю. Никитина, А.Н. Шорников, С.В. Шахов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ПОБОЧНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СПИРТА

Типовые брагоректификационные установки косвенного действия, получившие распространение в России и странах ближнего зарубежья, отличаются высокой энерго- и ресурсоёмкостью, кроме того, пищевой этанол, вырабатываемый по классическим технологиям, содержит следовые количества сопутствующих примесей, ухудшающих его потребительские свойства, поэтому совершенствование ректификационных процессов с целью получения высокоочищенного этилового спирта при одновременном снижении его себестоимости представляется очень важным и актуальным.

Применение в системе брагоректификации эспирационно-ректификационной разгонной колонны эффективно при очистке фракций, в составе которых имеются только промежуточные или только головные примесные соединения. Однако на практике приходится иметь дело с жидкостями, включающими примеси различного характера, поэтому представляется целесообразным оснастить брагоректификационную установку дополнительной колонной, работающей по методу гидроселекции (ГРК), обеспечивающему эффективное извлечение головных соединений из разделяемых фракций. В этом случае создаются благоприятные условия для очистки этанола от метилового спирта, высших алифатических спиртов и других промежуточных компонентов в эспирационно-ректификационной разгонной колонне. Данный технологический приём позволяет снизить концентрацию примесных соединений во фракции этанола, возвращаемой в промышленный цикл, и обеспечивает получение высококачественной конечной продукции.

Предложенная модернизация БРУ позволяет утилизировать бракованные ликёроводочные изделия и побочные фракции этилового спирта, содержащие метанол, эфиры, альдегиды, карбоновые кислоты, непредельные соединения, высшие спирты и другие примеси, проявляющие головной, хвостовой и промежуточный характер в процессах ректификации.

**СЕКЦИЯ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ,
ИНФОРМАЦИИ
И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

Руководитель профессор В.К. Битюков

О РАЗЛИЧИИ ХАРАКТЕРА УСТОЙЧИВОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ И ДИФфуЗИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ

Рассмотрим начально-краевую задачу

$$\partial u_s / \partial t = \mathcal{G}_s \Delta u_s + F_s(u), x = (x_1, \dots, x_n) \in \Omega \subset R^n, \quad (1)$$

$$\mu_s u_s + \eta_s \frac{\partial u_s}{\partial \mathcal{G}} = B_s, x \in \partial\Omega, \mu_s^2 + \eta_s^2 > 0, \mu_s \geq 0, \Delta \eta_s \geq 0, \quad (2)$$

$$u_s(x, 0) = u_s^0(x), \Delta s = 1, \dots, m, \quad (3)$$

где Ω – ограниченная область с кусочно гладкой границей $\partial\Omega$, ν – единичный вектор нормали к границе $\partial\Omega$ области Ω , $\mathcal{G}_s \geq 0$,

$$u = (u_1(x, t), \dots, u_m(x, t)), \quad B_s(x) \in C(\partial\Omega), \quad u_s^0(x) \in C(\bar{\Omega}),$$

$s = 1, \dots, m$, $\bar{\Omega} = \Omega \cup \partial\Omega$, Δ – оператор Лапласа.

Введем в рассмотрение специальный вид функций $F_s(u)$:

$$F_s(u) = \sum_{k=1}^m b_{sk} u_k + \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n a_{slj} u_l u_j + f_s(x),$$

где $f_s(x) \in C(\bar{\Omega})$, $a_{slj} = a_{sjl}$, $l, j, s = 1, \dots, m$.

Пусть $w = (w_1(x), \dots, w_m(x))$ – стационарное решение системы

(1). Отрицательная определенность квадратичной формы

$$\sum_{s=1}^m \sum_{k=1}^m A_{sk} z_k z_s, \quad \text{где } A_{sk} = \Theta_{sk} - \delta_{ks} \mathcal{G}_s / d^2, \quad \Theta_{sk} = (\beta_{sk} + \beta_{ks}) / 2, \quad d - \text{диаметр}$$

области Ω , $z = z(x, t) = u(x, t) - w(x)$, $\beta_{sk} = b_{sk} + \sum_{l=1}^m a_{slk} w_l$, является до-

статочным условием устойчивости стационарного решения задачи (1)–(3).

Наличие диффузионных членов $\mathcal{G}_s \Delta u_s$ приводит к тому, что достаточное условие устойчивости стационарного решения становится менее жестким, чем в случае моделей без диффузии.

А.Д. Чернышов, С.Ф. Кузнецов, О.Ю. Никифорова

НЕКОТОРЫЕ ЧАСТНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПРОГИБА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ МЕМБРАНЫ

Рассматривается задача о прогибе прямоугольной мембраны под действием переменной нагрузки. Функцию нагрузки $w(x, y)$ будем представлять простейшей зависимостью из теории быстрых разложений [1] в виде суммы граничной функции второго порядка и ряда Фурье по синусам, в котором учтены два коэффициента Фурье.

Искомая функция $w(x, y)$ примет вид:

$$w(x, y) = \sum_{i=1}^4 A_i(y) P_i(x) + A_5(y) \sin \pi \frac{x}{a} + A_6(y) \sin 2\pi \frac{x}{a}, \quad 0 \leq x \leq a$$

$$A_i(y) = \sum_{j=1}^4 A_{i,j} P_j(y) + A_{i,5} \sin \pi \frac{y}{b} + A_{i,6} \sin 2\pi \frac{y}{b}, \quad i = 1 \div 6, \quad 0 \leq y \leq b, \quad (1)$$

$$P_1(y) = 1 - \frac{y}{b}, \quad P_2(y) = \frac{y}{b}, \quad P_3(y) = \frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{6b} - \frac{by}{3}, \quad P_4(y) = \frac{y^3}{6b} - \frac{by}{6}$$

$$P_1(x) = 1 - \frac{x}{a}, \quad P_2(x) = \frac{x}{a}, \quad P_3(x) = \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6a} - \frac{ax}{3}, \quad P_4(x) = \frac{x^3}{6a} - \frac{ax}{6}$$

Для функции $w(x, y)$ запишем уравнение прогиба прямоугольной мембраны

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + F(x, y) = 0, \quad (x, y) \in \Omega_{\square}, \quad 0 \leq x \leq a, \quad 0 \leq y \leq b, \quad (2)$$

где $F(x, y)$ – нагрузка на мембрану.

Зададим граничные условия

$$w|_{x=0} = f_1(y), \quad w|_{y=0} = f_2(x), \quad w|_{x=a} = f_3(y), \quad w|_{y=b} = f_4(x). \quad (3)$$

При этом решение задачи должно удовлетворять условиям согласований, следующим из независимости величины прогибов $w(x, y)$ от направления подхода к этим углам.

Функции $f_1(y)$, $f_2(x)$, $f_3(y)$, $f_4(x)$ зададим в виде

$$\begin{aligned} f_1(y) &= \sum_{j=1}^4 f_{1,j} P_j(y) + f_{1,5} \sin \pi \frac{y}{b} + f_{1,6} \sin 2\pi \frac{y}{b}, \\ f_2(x) &= \sum_{j=1}^4 f_{2,j} P_j(x) + f_{2,5} \sin \pi \frac{x}{a} + f_{2,6} \sin 2\pi \frac{x}{a}, \\ f_3(y) &= \sum_{j=1}^4 f_{3,j} P_j(y) + f_{3,5} \sin \pi \frac{y}{b} + f_{3,6} \sin 2\pi \frac{y}{b}, \\ f_4(x) &= \sum_{j=1}^4 f_{4,j} P_j(x) + f_{4,5} \sin \pi \frac{x}{a} + f_{4,6} \sin 2\pi \frac{x}{a}, \end{aligned} \quad (4)$$

где постоянные $f_{i,j}$, $i = 1 \div 4$, $j = 1 \div 6$ считаем известными величинами.

Нагрузку на мембрану $F(x, y)$ запишем конечной суммой по аналогии с зависимостью (1):

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^4 F_i(y) P_i(x) + F_5(y) \sin \pi \frac{x}{a} + F_6(y) \sin 2\pi \frac{x}{a}, \quad 0 \leq x \leq a, \quad (5)$$

$$F_i(y) = \sum_{j=1}^4 F_{i,j} P_j(y) + F_{i,5} \sin \pi \frac{y}{b} + F_{i,6} \sin 2\pi \frac{y}{b}, \quad i = 1 \div 6, \quad 0 \leq y \leq b$$

Так как $F(x, y)$ – заданная функция, то все коэффициенты $F_{i,j}$, $i = 1 \div 6$, $j = 1 \div 6$ в выражении (4) считаем известными.

Используя метод быстрых разложений для построения двумерных точных решений уравнения Пуассона [2], найдем аналитическое решение уравнения (2), удовлетворяющее граничным условиям (3) и условиям согласования. Общий вид решения задачи содержит свободные коэффициенты, которыми можно аппроксимировать широкий круг инженерных задач. В [3] методом быстрых разложений получено решение задачи о диффузии в прямоугольной емкости с внутренним источником.

Считая прогиб мембраны на ее границах равным нулю, найдём точные решения задачи для случая жестко закрепленной мембраны под действием куполообразной и синусоидальной нагрузок.

Используя методы поиска решений, предложенные в [2], для куполообразной нагрузки получим решение задачи в виде

$$w(x, y) = - \left(Q_1 \left(\frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{6b} - \frac{by}{3} \right) + Q_2 \left(\frac{y^3}{6b} - \frac{by}{6} \right) \right) \left(\frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6a} - \frac{ax}{3} \right) - \\ - \left(Q_3 \left(\frac{y^2}{2} - \frac{y^3}{6b} - \frac{by}{3} \right) + Q_4 \left(\frac{y^3}{6b} - \frac{by}{6} \right) \right) \left(\frac{x^3}{6a} - \frac{ax}{6} \right), \quad (6)$$

где $F_{3,1} = F_{1,3} = Q_1$, $F_{1,4} = F_{3,2} = Q_2$, $F_{4,1} = F_{2,3} = Q_3$, $F_{2,4} = F_{4,2} = Q_4$.

Вид куполообразной нагрузки на мембрану при условии $a = 1,5$ м, $b = 2,5$ м, $Q_i = 4 \cdot 10^{-2}$, $i = 1 \div 4$ представлен на рисунке 1.

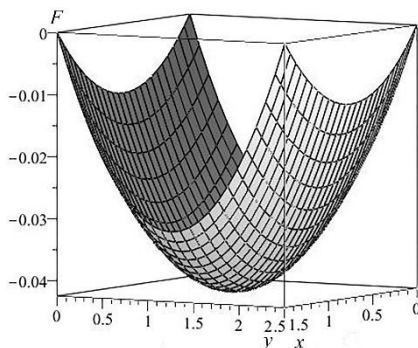


Рис. 1. Куполообразная нагрузка на мембрану

Литература

1. Чернышов А.Д. Метод быстрых разложений для решения нелинейных дифференциальных уравнений // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2014. Т. 54. № 1. С. 13–24. DOI: 10.7868/S0044466914010062
2. Chernyshov, A.D. et al. Using of fast expansions in the construction of two-dimensional exact solutions of the Poisson equation // 2020 Journal of Physics: Conference Series 1479(1), 012146 – С. 1576–1583. DOI: 10.1088/1742-6596/1479/1/012146
3. Чернышов А.Д. и др.. Точные решения задачи о диффузии в прямоугольной емкости с внутренним источником, полученные методом быстрых разложений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2020. Т. 13. № 3. С. 42–55. DOI: 10.18721/JPM.13304

Д.В. Арапов, С.А. Скоробогатов

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ
С ГРЫЖАМИ ЖИВОТА**

Цель исследования – создание комплекса оригинальных математических моделей (ММ), позволяющих выбрать способ пластики передней брюшной стенки и с достаточной точностью прогнозировать послеоперационное состояние больных со срединными послеоперационными грыжами живота разных размеров – от малых до гигантских.

Внутрибрюшное давление оценивалось по сатурации крови кислородом, которую определяли до операции в состоянии покоя и при физическом моделировании послеоперационного состояния передней брюшной стенки, а после операции – в 1-е, 2-е и 7-е сутки. Электромиографическим методом оценивалась общая электрическая активность мышц передней брюшной стенки и по ней определялась степень утомляемости мышц до операции и через 6 месяцев после операции. Математическое моделирование показателей пациентов реализовали методами линейного и нелинейного программирования посредством авторской интерактивной системы оптимизации.

Установлена математическая зависимость послеоперационных показателей сатурации крови больных, общая активность мышц живота и степень их утомляемости через 6 месяцев после операции от дооперационных значений этих показателей, а также от результата физического моделирования устранения грыжи и выбранного способа операционной пластики.

Разработана логическая модель выбора способа операционной пластики и комплекс алгебраических моделей для оценки послеоперационного состояния пациентов с срединными вправимыми грыжами живота разных размеров.

Д.В. Арапов, М.А. Зайцева

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕСНЕННОСТИ НА РОСТ КРИСТАЛЛОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ САХАРНЫХ РАСТВОРАХ

Для описания промышленной кристаллизации сахара разработана обобщенная математическая модель удельной скорости роста кристаллов, зависящая от температуры, содержания сухих веществ, чистоты раствора, концентрации и среднего размера кристаллов. Модель включает вероятностную компоненту скорости роста монокристалла и уменьшающую поправку стесненного роста кристаллов, зависящую от содержания и среднего размера кристаллов. Массовая кристаллизация сахарозы, включая скорость роста монокристалла и множества кристаллов в утфеле. Математическая обработка опытных данных выполнена комплексом методов нелинейного программирования. На основе 421 опыта создана вероятностная математическая модель удельной массовой скорости роста сахарного монокристалла от температуры раствора, чистоты и содержания сухих веществ. Погрешность модели: $\pm 11,3$ отн. %. Модель охватывает диапазон изменения температуры, концентрации сухих веществ и чистоты раствора, который существует на сахарном заводе. Стесненность кристаллов учитывается зависимостью относительной скорости роста от их концентрации и среднего размера, погрешность которой $\pm 1,3$ %. Диапазон применения поправки – концентрация кристаллов 5 – 60 %, средний размер 0,25 – 1,5 мм. Разработана обобщенная математическая модель кристаллизации, учитывающая температуру, чистоту и содержание сухих веществ в утфеле, концентрацию кристаллов сахарозы и их средний размер. Сравнение расчетных и опытных величин удельной массовой скорости роста сахарного монокристалла и безразмерной поправки роста множества кристаллов от их линейного размера и концентрации показало близость расчетных величин к экспериментальным и позволило сделать вывод об адекватности разработанной обобщенной математической модели кристаллизации.

Л.А. Коробова, С.Н. Черняева, И.Е. Медведкова
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СВЕЖЕСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В данной работе предлагается инструментарий для распознавания свежести продуктов, купленных не в специализированных торговых точках, имея лишь изображение продукта. Особенность инструментария является то, что становится возможным определение свежести продуктов питания «на месте», с помощью устройства с камерой. Приложение будет определять, какой продукт находится на изображении, передаваемом с камеры устройства, и свежесть сфотографированного продукта, затем данная информация будет отображаться на экране пользователя. Помимо распознавания, приложение имеет справочную информацию о том, как распознать свежесть продукта другими способами по каждому признаку, например, по запаху. Самым распространенным объектом для массового внедрения приложения является мобильный телефон. Современное мобильное устройство имеет камеру, поэтому для распознавания была выбрана классификация изображений [2]. Единственным способом создать систему, которая может отделить один класс изображений от других, является нейронная сеть [3]. Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы: необходимо собирать изображения продуктов без учета религиозных и культурных особенностей; не вызывающие отравление организма здорового человека; не вызывающих отравление для здорового человека с указанием количества грамм для каждого, они же будут считаться свежими и съедобными. Разработанный инструментарий будет полезен покупателям на рынках, в торговых центрах и различных магазинах самообслуживания. С его помощью каждый человек может убедиться в безопасности и свежести покупаемой продукции.

Литература

1. Дерканосова, Н.М. Проектирование и обеспечение качества пищевых продуктов (на примере хлебобулочных изделий) // монография, Воронеж, 2016.
2. Что такое классификация изображений – <http://desktop.arcgis.com/> (дата обращения 07.09.2019).
3. Коробова, Л.А. Применение свёрточной нейронной сети для задач распознавания изображений [Электронный ресурс] // В сб.: Моделирование энергоинформационных процессов. 2020. С. 251–255

С.Н. Черняева, И.С. Толстова, Е.В. Мухина

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

На основе анализа эффективности деятельности образовательных организаций происходит их реорганизация или оценивается инвестиционная привлекательность. Крупные организации имеют больше преимуществ по ряду критериев перед средними и малыми организациями. Поэтому необходима объективная оценка эффективности деятельности организаций. В работе делается попытка предложить альтернативный подход к оценке организаций на основе метода экстраполяции экспертных оценок. В качестве показателей эффективности рассматривались: Показатели обеспеченности и эффективности использования основных средств, Показатели эффективности использования трудовых ресурсов, Показатели эффективности использования материальных ресурсов, Показатели эффективности использования капитала. Таким образом, оценка эффективности ведется по показателям, которые в свою очередь состоят из подпоказателей. По каждому показателю ставится в соответствие значение, которые в основном различаются между организациями, но могут и совпадать. Предлагается следующий алгоритм подготовки данных для обработки методом экстраполяции экспертных оценок. Перечисленные показатели будем считать глобальными показателями. А показатели, из которых они состоят – локальными. По каждому локальному показателю среди всех анализируемых организаций выделяем максимальное и минимальное значение, затем производим нормировку на максимум, так как чем лучше показатель, тем выше эффективность. Затем суммируем все локальные значения в пределах каждого глобального критерия, и присваиваем полученное значение глобальному критерию. Так как количество локальных критериев в каждом глобальном критерии отличается, то это может привести к неоднородности получаемых значений глобальных критериев. Поэтому проводим повторную нормировку по каждому глобальному критерию. В результате описанных действий получаем набор альтернатив с однородными значениями основных критериев оценки. Затем из всего набора организаций формируется обучающая выборка, которая подается эксперту на сравнение. В результате на основе метода экстраполяции экспертных оценок формируется функция обобщенного критерия. На основе этой функции определяется показатель эффективности для каждой организации. Организации ранжируются в порядке убывания критерия эффективности. Таким образом, определяются наиболее эффективные организации.

Т.В. Гладких

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ «1С»- МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мобильные технологии занимают особое положение в истории ИТ. И первое, что следует отметить, говоря о специфике данного направления, – это высочайшие темпы его развития.

С началом эпохи iPhone (2007 год) и Android (2008) мир технологий изменился до неузнаваемости. Устройства становятся все более изящными и функциональными.

Новое поколение смартфонов и планшетов быстро завоевывает потребительский рынок и начинает решительное продвижение в корпоративную среду.

Исключением не стала и программа «1С».

В 2012 году была выпущена версия 1С Предприятие 8.2, в которой развитие 1с предприятия продолжилось. Основными направлениями расширения функционала платформы стала интеграция с различными Web-технологиями.

Мобильные решения позволяют вести свой бизнес с телефоном в руках. Мобильность – главное достоинство. Также мобильные приложения могут одновременно работать с другими приложениями, которые могут и не быть созданными на «1С: Предприятие 8».

Фирма «1С» выпускает свои мобильные приложения и версии для разработчиков. В основном это мобильные аналоги «традиционных» серверных приложений 1С, которые реализуют практически весь их функционал («1С: Документооборот», «1С: Управление Небольшой Firmой», «1С: Заказы» и т. д.).

Для работы в мобильной среде предусмотрены следующие технологии: мобильная платформа, мобильный клиент, мобильные решения.

Готовое мобильное приложение на 1С под силу создать и студенту в дипломной работе.

Один из примеров готового мобильного приложения: "Мобильная фотостудия".

Б.Е. Никитин, М.Н. Ивлиев, И.А. Ворона

ОБ АГРЕГАТОРЕ НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Согласно [1], агрегатор независимой оценки высшего образования состоит из четырех рейтинговых систем – национальный агрегированный рейтинг вузов, глобальный агрегированный рейтинг, глобальный предметный рейтинг в контексте отечественных вузов и рейтинг аккредитационных агентств. В свою очередь, национальный агрегированный рейтинг (НАР) строится на основе девяти рейтингов (в 2020 году добавился рейтинг на основе индекса Хирша), которые на рынке существуют не менее трех лет, каждый из них оценивают не менее 100 вузов, публикуют свои результаты ежегодно и в открытом доступе. В качестве процедуры агрегирования в рамках методики, используемой в НАР, выступает одна из процедур голосования в малых группах. На сегодняшний день при построении агрегированного рейтинга вузов России применяется правило Борда. В рамках проведенных исследований были построены контрпримеры, показывающие манипулируемость результатов агрегирования рейтингов при использовании данной процедуры. В качестве альтернативы предлагается использовать процедуру Кемени.

Также заметим, что глобальный агрегированный рейтинг (ГАР) строится по результатам одиннадцати рейтингов, в том числе двух отечественных – MosIUR и RUR. Окончательные результаты представляются в виде шести списков (ТОПов) – 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % и 10 % лучших вузов от общего количества (2500 вузов со всего мира). Анализ результатов ГАР показывает, что за последний год в международные рейтинги попали 82 отечественных вуза. В том числе в ТОП-1 – один (МГУ), в ТОП-10 – 52 вуза (в частности, ВГУ).

Литература

1.URL: <https://best-edu.ru/ratings/nacionalnyj-agregirovannyj-rejting> (дата обращения: 18.02.2021).

Ю.В. Бугаев, Л.А. Коробова, С.В. Гудков

СВЕДЕНИЕ ЗАДАЧИ РАЗВОЗКИ ГРУЗОВ К ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ УПАКОВКИ В КОНТЕЙНЕРЫ

Задача развозки – это транспортная задача по доставке негабаритных грузов из распределительного центра, например, оптовой базы, множеству получателей. Она является обобщением известной задачи коммивояжера, от которой отличается условием ограниченности грузоподъемности применяемого транспортного средства (ТС) и, как следствие, необходимостью неоднократного возвращения на базу для пополнения перевозимого груза для обеспечения всех клиентов [1]. Математически задача развозки формулируется следующим образом.

Дано: n – число клиентов, которым необходимо доставить грузы; q – вектор заказов, определяющий количество груза, доставляемого каждому клиенту; допущение о негабаритности грузов исключает из рассмотрения проблему их размещения в используемом ТС; M – матрица расстояний между всеми клиентами и базой, а также клиентов между собой. C – грузоподъемность применяемого ТС.

При наличии нескольких единиц ТС их можно использовать одновременно для ускорения развозки. Тогда надо будет оптимально распределить ТС по индивидуальным маршрутам для минимизации времени их работы. Предлагается свести данную задачу к известной задаче Упаковки предметов в контейнеры.

Она формулируется следующим образом. Имеется конечное множество $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ объектов, «размеры» $s(u_i)$ которых заданы и представлены рациональными числами. Требуется найти такое разбиение множества U на подмножества U_1, U_2, \dots, U_k , чтобы сумма размеров объектов в каждом подмножестве не превосходила некоторого положительного числа H , и число классов разбиения k было минимальным.

Задача упаковки относится к классу так называемых NP -трудных задач в сильном смысле [3], т. е. для произвольных исходных данных не найдено эффективного алгоритма решения. При малых n можно воспользоваться полным перебором, для больших n разработано несколько приближенных алгоритмов примерно одинаковой эффективности.

Мы предлагаем объекты u_i ассоциировать с маршрутами движения каждого ТС при развозке грузов, $s(u_i)$ – со временем поездки по маршруту, а подмножества U_j отождествлять с множеством маршрутов, реализуемых одним ТС. Под H следует понимать максимально допустимое общее время развозки. Так мы приходим к новой постановке задачи упаковки: При заданном числе k_0 классов определить минимальное значение H , при котором обеспечивается разбиение.

Назовем ее обратной задачей упаковки [4]. Предлагается следующий алгоритм ее решения.

Пусть k_0 задано. И $H = H_{\min} = \max \left\{ \sum s(u_i) / k_0, \max_i (s(u_i)) \right\}$.

Постепенно увеличивая значение H , решаем при каждом H прямую задачу упаковки и находим реальное число контейнеров $k(H)$, в которое можно упаковать все предметы. Работа алгоритма заканчивается при условии $k(H) \leq k_0$.

Поскольку все используемые алгоритмы решения прямой задачи обладают достаточным быстродействием, то предлагаемый алгоритм эффективен с точки зрения временных затрат. Тем не менее, предлагается повысить быстродействие алгоритма за счёт ввода так называемых оценок Мартелло и Тота.

Обозначим $L = \{1 \dots, n\}$ – множество номеров объектов, $w_i = s(u_i) / H$ – размеры объектов в долях H , $0 < w_i \leq 1$. Для произвольного $\alpha \in [0; 1/2]$ положим $L_1 = \{i \in L \mid w_i > 1 - \alpha\}$ – множество номеров крупных предметов; $L_2 = \{i \in L \mid 1 - \alpha \geq w_i > 1/2\}$ – множество номеров средних предметов; $L_3 = \{i \in L \mid 1/2 \geq w_i \geq \alpha\}$ – множество номеров мелких предметов. Тогда для любого $\alpha \in [0; 1/2]$ справедливы нижние оценки величины k :

$$M_1(\alpha) = |L_1| + |L_2| + \max \left\{ 0, \left[\sum_{i \in L_3} w_i - |L_2| + \sum_{i \in L_2} w_i \right] \right\}, \quad (1)$$

$$M_2(\alpha) = |L_1| + |L_2| + \max \left\{ 0, \left[\frac{|L_3| - \sum_{i \in L_2} [1 - w_i / \alpha]}{[1 / \alpha]} \right] \right\}, \quad (2)$$

$$m_1 = \max \left\{ \max_{\alpha} (M_1(\alpha)); \max_{\alpha} (M_2(\alpha)) \right\}. \quad (3)$$

Эффект ускорения алгоритма достигается за счёт того, что оценка m_1 вычисляется намного быстрее, чем реальное значение числа контейнеров. Полное описание алгоритма см. далее.

```

< Сортировка списка размеров  $s(u)$  по убыванию >
m = n;
for H = Hmn ...  $\sum s(u_i)$ 
  if m > k0
    m = Оценка (H); continue;
  else
    k1=Упак_1(H); k2= Упак_2(H); k=min(k1, k2);
    if k ≤ k0 return;
  end;
end for
Stop

```

Упак_1(H), Упак_2(H) – две рекомендуемые процедуры упаковки

Сортировка размеров объектов делается по той причине, что все алгоритмы упаковки в качестве начального шага применяют сортировку этого массива. Так они работают эффективнее. В данном алгоритме сортировка производится один раз, чтобы не тратить на это время каждого алгоритма упаковки.

Далее используется цикл «For» по величине H . Он состоит из двух блоков. В первом вычисляется оценка Мартелло и Тота. При росте H число контейнеров k и его оценка m убывают. Но пока выполняется условие $m > k_0$ нет смысла применять алгоритм упаковки и находить точное число контейнеров k , т. к. для него тем более будет $k > k_0$ (т. к. $k \geq m > k_0$). И только когда H станет достаточно большим и условие $m > k_0$ нарушится, можно будет подключать второй блок цикла и вычислять точное значение k .

Как было сказано выше, точного и эффективного алгоритма решения задачи не существует. Имеется несколько приближённых алгоритмов с примерно одинаковой теоретической эффективностью и точностью. Но реальное значение k они могут дать различное. Поэтому мы отобрали два наиболее подходящих алгоритма (Упак_1 и Упак_2), которые предлагаем использовать в паре.

Приведём пример работы предлагаемого алгоритма. Имеется 12 клиентов и система из 5 кольцевых маршрута развозки по ним грузов, см. табл. 1 и рис. 1. Требуется рационально распределить имеющиеся в наличии единицы ТС по этим маршрутам так, чтобы максимальное время работы ТС было минимально.

На рис. 2 приведено два решения этой задачи при двух и трёх единицах ТС. Как видим, в обоих случаях используемые ТС загружены примерно одинаково. При $k_0 = 3$ различие примерно 6 минут, при $k_0 = 2$ – одна минута. Т.е. достигается «справедливое» распределение труда.

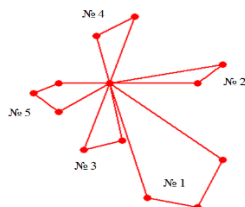


Рис. 1. Система
кольцевых
маршрутов
обслуживания
12 клиентов

Таблица 1.			
Маршрут. Точка 13–склад	Масса груза, кг	Расстоя- ние, км	Время, мин
13–5–8–3–13	1150	33,9	135.6
13–11–1–13	1110	19	64
13–12–6–13	1000	16,6	56
13–9–4–13	1150	16	76
13–10–7–2– 13	1250	14	66.4

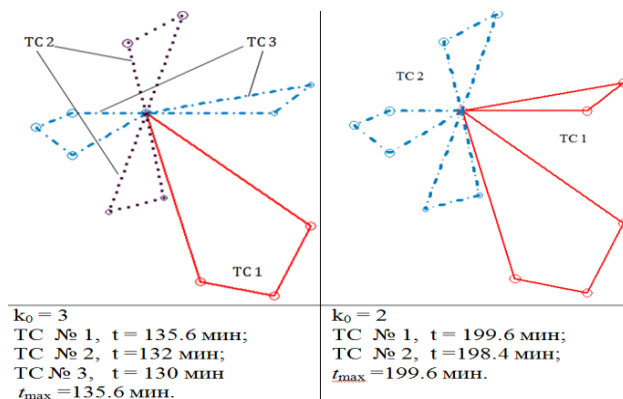


Рис. 2. Варианты сведения задачи развозки грузов к обратной задаче
упаковки

Литература

1. Черкесов А.Г. Экономическая теория. Математические модели: Учеб. пособие. // СПб.: Изд-во СПб ГПУ, 2003. 52 с.
2. Бугаев, Ю.В. Планирование грузовых перевозок модифицированным методом Кларка–Райта / В сб.: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. Мат. III Межд. н.-п. конф.: Общая ред.: В.А. Немтинов. 2016. С. 179–182.
3. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 416 с.
4. Чепикова, А.В. Задача трехмерной упаковки элементов / Аллея науки. 2018. Т. 1. № 9 (25). С. 433–436.

А.Д. Чернышов, Д.С. Сайко, О.Ю. Никифорова

БЫСТРЫЕ РАЗЛОЖЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ ФУНКЦИЙ

Известно, если функция терпит разрыв первого рода, то её ряд Фурье существует и в точке разрыва принимает среднеарифметическое значение. Такие ряды медленно сходятся и в окрестности точки разрыва имеют большую погрешность. Дифференцирование подобных рядов может привести к расходящимся рядам. Некоторые задачи физики и механики описываются расходящимися рядами. Поэтому возникли методы, позволяющие улучшить сходимость расходящихся рядов Фурье. Для их улучшения появились методы Эйлера, Линделефа, Фейера, Вороного, Абеля, Чезаро и др.

В настоящей работе предлагается использовать представление разрывных функций быстрыми разложениями [1] и др., которые значительно превосходят все ранее известные методы и обладают уникальными качествами: сходятся быстрее классических рядов Фурье в сотни раз [2]; допускают многократное дифференцирование и потому пригодны для решения прикладных задач [2]; с их помощью разработана тригонометрическая интерполяция с высокой точностью и возможностью многократного дифференцирования; успешно применяются в задачах с быстро осциллирующими функциями; могут использоваться для решения задач с дельта-функциями; для задач с неизвестной подвижной границей типа Стефана; для задач с разрывными функциями 1-го и 2-го типов; для решения нелинейных задач в частных производных, когда не требуется предварительно решать довольно сложную задачу о нахождении собственных функций и собственных значений с последующим доказательством о возможности дифференцирования подобных разложений. Обычно перечисленные проблемы исследуются некоторым численным методом, в предлагаемом подходе получаем решение в аналитическом виде.

В работе рассматриваются разрывные функции. Для улучшения сходимости рядов Фурье разрывных функций в некоторых случаях используют аппроксимационные методы с применением полиномов Бернулли, получившие название аппроксимантов Паде.

Дифференцирование рядов Фурье разрывных функций в настоящей работе рассматривается впервые. Решение этой проблемы позволит использовать подобные ряды при рассмотрении интегро-дифференциальных задач.

Будем полагать, что $x \in [0, a]$ – область, занимаемая материальным телом, или геометрическим пространством. При использовании рядов Фурье по синусам или косинусам на данном отрезке важное значение имеет сходимость рядов и сходимость производных не только внутри, но и на границах отрезка, так как при рассмотрении краевых задач граничные условия задаются на границах. Поэтому, если при $x = 0$ или при $x = a$ ряд не равен $f(0)$ или $f(a)$ соответственно, или значениям производных на этих границах, то будем говорить, что на концах отрезка рассматриваемый ряд расходится, хотя в строгом классическом понимании ряд может быть сходящимся. В этой связи в дальнейшем будем полагать, если на границах отрезка $[0, a]$ ряд не сходится к значениям $f(x)$ или значениям её производных, то на границах $[0, a]$ соответственный ряд расходится и его нельзя использовать в окрестности данной границы.

Литература

1. Чернышов А.Д. Метод быстрых разложений для решения нелинейных дифференциальных уравнений // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2014. Т. 54. № 1. С. 13–24. DOI: 10.7868/S0044466914010062

УСКОРЕНИЕ СХОДИМОСТИ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Краевые задачи для неоднородного бигармонического уравнения возникают в различных областях механики. Это задачи об изгибе пластин при различных условиях опирания по краям, задачи о конвекции жидкости. Отсутствие аналитических решений данного класса задач делает актуальным как поиск новых, так и усовершенствование известных численных методов. В связи с этим на примере краевой задачи для неоднородного бигармонического уравнения предложен подход, комбинирующий метод конечных разностей и экстраполяцию Ричардсона.

Рассмотрим неоднородное бигармоническое уравнение с граничными условиями первого и второго рода в квадратной области [1]

$$\frac{\partial^4 u(x, y)}{\partial t^4} + 2 \frac{\partial^4 u(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u(x, y)}{\partial y^4} = f(x, y), \quad (1)$$

$$u(0, y) = u(1, y) = u(x, 0) = u(x, 1) = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial u(0, y)}{\partial x} = \frac{\partial u(1, y)}{\partial x} = \frac{\partial u(x, 0)}{\partial y} = \frac{\partial u(x, 1)}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

Для уравнения **Ошибка! Источник ссылки не найден.** построена неявная конечно-разностная схема 2 порядка точности [2]:

$$\begin{aligned} & \frac{w_{i+2,j} - 4w_{i+1,j} + 6w_{i,j} - 4w_{i-1,j} + w_{i-2,j}}{\Delta x^4} + \frac{w_{i,j+2} - 4w_{i,j+1} + 6w_{i,j} - 4w_{i,j-1} + w_{i,j-2}}{\Delta y^4} \\ & + \frac{1}{72\Delta x^2 \Delta y^2} \left[\left(w_{i+2,j+2} - 16w_{i+2,j+1} + 30w_{i+2,j} - 16w_{i+2,j-1} + w_{i+2,j-2} \right) - 16 \left(w_{i+1,j+2} \right. \right. \\ & - 16w_{i+1,j+1} + 30w_{i+1,j} - 16w_{i+1,j-1} + w_{i+1,j-2} \left. \right) + 30 \left(w_{i,j+2} - 16w_{i,j+1} + 30w_{i,j} - 16w_{i,j-1} \right. \\ & \left. \left. + w_{i,j-2} \right) - 16 \left(w_{i-1,j+2} - 16w_{i-1,j+1} + 30w_{i-1,j} - 16w_{i-1,j-1} + w_{i-1,j-2} \right) + \left(w_{i-2,j+2} - \right. \right. \\ & \left. \left. - 16w_{i-2,j+1} + 30w_{i-2,j} - 16w_{i-2,j-1} + w_{i-2,j-2} \right) \right] = f_{i,j} \end{aligned} \quad (4)$$

Граничные условия (2)–(3) заменены соответственно разностными аналогами

$$w_{0,j} = w_{n,j} = w_{i,0} = w_{i,n} = 0, \quad i = \overline{0,n}, \quad j = \overline{0,n}. \quad (5)$$

$$w_{i,1} = \frac{1}{4} w_{i,2}, \quad w_{i,n-1} = \frac{1}{4} w_{i,n-2}, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad (6)$$

$$w_{1,j} = \frac{1}{4} w_{2,j}, \quad w_{n-1,j} = \frac{1}{4} w_{n-2,j}, \quad j = 1, \dots, n-1.$$

В качестве тестовой функции подберем $f(x, y)$ таким образом, чтобы имелось точное решение задачи (1)–(3). Для этого возьмем функцию $u(x, y)$, удовлетворяющую граничным условиям (2)–(3). Пусть $u(x, y) = (1/8\pi^4) \sin^2(\pi x) \sin^2(\pi y)$. Нетрудно убедиться, что все граничные условия выполнены. Подставим функцию $u(x, y)$ в уравнение (1), тогда $f(x, y) = (8 \cos^2(\pi y) - 5) \cos^2(\pi x) - 5 \cos^2(\pi y) + 3$.

Решение симметрично относительно центральной точки $(0.5; 0.5)$, в которой достигается максимум равный $1.28 \cdot 10^{-3}$. Максимум абсолютной погрешности достигается в центральной точке области и равен $1.87 \cdot 10^{-7}$. Проанализируем скорость сходимости конечно-разностной схемы. В таблице 1 приведены данные вычислительного эксперимента. При увеличении количества узлов сетки в 2 раза, погрешность уменьшается в 2 раза. Вычисление решения с большей точностью сопряжено с двумя проблемами. Первая – увеличение времени расчета, вторая – увеличение объема оперативной памяти. По таблице 1 мы видим, что уменьшение шага с $1/128$ до $1/180$ приводит к десятикратному увеличению времени и увеличению расхода памяти в 8 раз. В связи с этим возникает необходимость поиска иных путей для достижения требуемой точности.

Одним из таких вариантов развития классического конечно-разностного метода, повышающего скорость сходимости, является метод экстраполяции Ричардсона. Возьмем максимальное разбиение с шагом $1/180$. Будем увеличивать шаг сетки в 2, 3, и т. д. раз. В таблице 2 отражена зависимость абсолютной погрешности решения от числа сеточных функций.

Таблица 1. Скорость сходимости

Шаг сетки	Абсолютная погрешность	Относительное уменьшение погрешности (%)	Время расчета (с).	Память компьютера (мб)
1/64	$1.37 \cdot 10^{-6}$	50 %	4	161
1/90	$7.17 \cdot 10^{-7}$	48 %	10	261
1/128	$3.64 \cdot 10^{-7}$	49 %	34	974
1/180	$1.87 \cdot 10^{-7}$	49 %	420	7564

Таблица 2. Ускорение сходимости

Число сеточных функций p	Шаг исходной сетки	Абсолютная погрешность	Время расчета, с
2	1/90	$3.43 \cdot 10^{-7}$	440
3	1/60	$3.55 \cdot 10^{-8}$	460
4	1/44	$1.8 \cdot 10^{-10}$	520
5	1/36	$4.1 \cdot 10^{-11}$	640

По таблице 2 мы видим, что при использовании 5 сеточных функций абсолютная погрешность решения уменьшается до $4.1 \cdot 10^{-11}$, что на 4 порядка меньше, чем в классическом конечно-разностном методе.

Литература

Попов, М.И. Приближенное аналитическое решение внутренней задачи кондуктивно-ламинарной свободной конвекции / М.И. Попов, Е.А. Соболева // Вестник ВГУИТ. 2016. – С. 78–84.

Попов, М.И. Интегрирование неоднородного бигармонического уравнения по неявной схеме / М.И. Попов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2 (76). С. 114–118.

А.В. Скрыпников, В.В. Денисенко

РЕЛЕВАНТНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в информационных системах для увеличения прибыли, продуктивности, обучения стало обыденностью. Также их использование в защите и предупреждении кибератак становится одним из основных направлений в информационной безопасности.

Например, если мы возьмем отчет лаборатории Касперского за один квартал, то мы увидим миллионы угроз обнаруженных только их продуктами. Не стоит говорить уже о мировых гигантах, как Cisco заявляет о блокировании 30 млрд. сетевых атак в день.

Проанализировав основные технологии и способы применения искусственного интеллекта в информационной безопасности [1], нас заинтересовала системы поведенческого анализа пользователей и информационных сущностей – UEBA (User and Entity Behavior Analytics). Они обнаруживают и сигнализируют о случаях необычного поведения и используют их для детектирования внутренних и внешних угроз.

Проведя анализ рынка программного обеспечения, становится понятно что отдельно системы UEBA, по крайней мере, за рубежом уже никто не создает, они становятся встроенными другие продукты информационной безопасности, поэтому мы планируем, создать подсистему идентификация и управление привилегированным доступом.

Литература

Skrypnikov, A.V. Information security as the basis of digital economy / A.V. Skrypnikov, V.G. Kozlov, V.V. Denisenko, I.A. Saranov, E.D. Kuznetsova, I.I. Savchenko // В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). 2020. С. 149–153.

Е.А. Бородина

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ГИДРОДИНАМИКИ

Отрывное течение – часто встречающийся и, вместе с тем, наиболее сложный для исследования вид движения реальной жидкости. Зарождение и развитие отрыва потока, характеристики данного вида течений определяются большим числом параметров [1].

Метод функционала плотности позволяет описывать многофазную смесь непрерывным образом без ввода скачков плотности и границ раздела фаз. Это осуществимо благодаря введению в выражение для энтропии квадратов градиентов плотностей компонентов. Неоспоримое преимущество данного метода состоит в том, что распределение фаз в слое жидкости может быть найдено как результат решения единой непрерывной задачи. При этом не нужно априорно задавать геометрию межфазных поверхностей, решать уравнения гидродинамики для каждой фазы в отдельности и использовать условия на скачках. Существенной особенностью метода функционала плотности является учет структуры межфазной области. В настоящее время его роль возрастает с развитием ЭВМ, совершенствованием используемых моделей и численных методов, а также в связи с возможностью заменить расчетом дорогостоящий, а в ряде случаев невозможный физический эксперимент.

Литература

1. Абрамов, Г.В. Влияние параметров процесса центрифугирования на образование дефектов / Г.В. Абрамов, Е.А. Бородина // Моделирование энергоинформационных процессов. Сборник статей III международной научно-практической интернет – конференции. 2015. С. 77–81.

Ю.В. Бугаев, С.В. Чикунов

О ЗАДАЧЕ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ В ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРАФАХ

Большинство задач проектирования и управления можно описать в виде ориентированного графа с заданными на его дугах критериальными оценками, а проблему критериального поэтапного выбора решений формально свести к поиску оптимальных путей на таких графах.

Ранее авторами было предложено обобщение схемы динамического программирования (ДП), описанное в терминах языка функций выбора. Это позволило с единых позиций провести анализ ряда алгоритмов, вписывающихся в данную концепцию. Однако выяснилось, что известные функции выбора не всегда корректно могут быть перенесены на схему обобщённого ДП и в ряде случаев нуждаются в определённой доработке.

Например, функция выбора, основанная на скалярном оптимизационном механизме, позволяет находить все оптимальные точки, а в схеме динамического программирования решения, имеющие одинаковую критериальную оценку, считаются эквивалентными и отбрасываются. Вместе с тем, существуют задачи, в которых надо найти именно все такие решения.

Предлагается алгоритм, состоящий из трех этапов:

Построение критериальных оценок для кратчайших путей из заданной начальной вершины во все остальные. Для реализации данного этапа можно использовать любой подходящий алгоритм, например алгоритм Форда-Беллмана.

Построение графа равновеликих путей. На этом этапе из исходного графа исключаются дуги, не являющиеся частью кратчайших равновеликих путей. Из оставшихся дуг формируется подграф, в котором все пути имеют одинаковую длину, равную длине кратчайшего пути.

Получение набора путей, имеющих одинаковую длину. В полученном подграфе по имеющимся критериальным оценкам восстанавливаются все имеющиеся в нём пути.

Н.В. Даценко

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АТТЕСТАЦИИ
СТУДЕНТОВ В СДО MOODLE НА ОСНОВЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ
ВЗВЕШЕННОЙ ОЦЕНКИ**

В настоящее время проблема совершенствования методов оценивания знаний, умений и навыков, полученных обучающимися с использованием дистанционных образовательных технологий, является весьма актуальной. При проведении аттестации студентов в дистанционном формате в качестве критериев, влияющих на оценку, предлагается рассматривать следующие: k_1 – посещаемость занятий согласно расписанию, оцениваемая, например, с помощью журнала событий системы дистанционного обучения (СДО) Moodle; k_2 – уровень теоретических знаний, оцениваемый с помощью тестирования; k_3 – уровень умений и навыков, приобретенных в процессе выполнения практических заданий по дисциплине; k_4 – получение бонусов за прохождение тестирования и размещение выполненных заданий в СДО в установленные преподавателем сроки; k_5 – получение дополнительных баллов за нетривиальное и / или рациональное решение практических задач. Для получения весовых коэффициентов критериев предлагается использовать метод направленного опроса специалистов. В результате формируется матрица ранжирования, в которой оцениваются вышеуказанные критерии в зависимости от их значимости для аттестации студентов по дисциплине. По данным матрицы осуществляется оценка согласованности с помощью коэффициента конкордации Кендалла, затем – оценка его значимости по χ^2 – критерию Пирсона. Если гипотеза о наличии согласия опрашиваемых принимается, определяются весовые коэффициенты критериев пропорционально сумме назначенных рангов. В итоге многокритериальная взвешенная оценка успеваемости студента рассчитывается как сумма произведений оценок по критериям на соответствующие весовые коэффициенты, полученные с помощью метода направленного опроса специалистов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ

Один из подходов моделирования технологического процесса осаждения примесей заключается в совместном использовании уравнений движения сплошной фазы и движения дисперсной составляющей. Уравнения движения сплошной среды представляются уравнениями неразрывности $\operatorname{div} \vec{V} = 0$ и собственно уравнениями движения

$$\rho \left(\frac{D\vec{V}}{Dt} \right) = -\operatorname{grad}(p + \rho gZ) + \mu \Delta \vec{V}, \quad \frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \operatorname{grad} \left(\frac{V^2}{2} \right) + (\operatorname{rot} \vec{V}) \times \vec{V} ..$$

Уравнение движения частицы таково

$$m \frac{d^2 x_{Gi}}{dt^2} = -mg \frac{\partial Z_G}{\partial x_i} + \iint_S \sigma_{ij} n_j d\sigma.$$

Предполагается, что область, занимаемая движущейся суспензией, ограничена твердыми поверхностями, неподвижными или совершающими движение по известному закону, и общее количество частиц суспензии равно N . Тогда для решения задачи имеется $4 + 6N$ уравнений с $4 + 6N$ неизвестными. Система решена численно методом Гаусса с выбором главного элемента.

Эти неизвестные должны удовлетворять следующим граничным условиям: 1) на твердых поверхностях, ограничивающих область, занятую суспензией, скорость жидкости относительно границы равна нулю во всех точках и 2) в любой точке M на поверхности частицы скорость жидкости равна скорости этой точки частицы. К этим условиям добавляются условия соударения частиц друг с другом, а также частиц с твердыми границами.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК СЗИ «СТРАЖ NT 3.0»**

В ходе своей работы администратор безопасности автоматизированной системы (АС) в защищенном исполнении выполняет операции по эксплуатации системы защиты информации (СЗИ). При этом в основе взаимодействия «человек – машина» лежит интерфейс программы защиты. Как объект обоснования требований к качеству СЗИ характеризуется «удобством использования». Оценка «удобства использования» наиболее актуальна для категории пользователей администратор. Показатель «удобства использования» может оцениваться теоретически и экспериментально. Так как теоретическая оценка операционных характеристик имеет ряд недостатков и ограничений целесообразна экспериментальная оценка. При этом в качестве основного показателя «удобства использования» целесообразно использовать показатель «сложности» типовой операции выполняемой администратором безопасности, выражающий среднее время ее выполнения. Экспериментальная оценка операционных характеристик СЗИ осуществлялась с использованием метода отслеживания движения взгляда и отслеживание мыши также известное как отслеживание курсора. Траектория перемещения курсора и время фиксации его на элементе интерфейса СЗИ, построены с использованием программы JOGraph VI.0.1. Тепловая карта фиксации взгляда администратора безопасности на элементах интерфейса построена с использованием аппаратуры Tobii eye tracker 4C.

Получены оценки "сложности" всех типовых операций, выполняемых администратором безопасности СЗИ «Страж NT 3.0» в соответствии с программной документацией.

Е.А. Хромых, Е.А. Балашова

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СКЛАДА ПРОДУКЦИИ

Все более широко применяются в последнее время автоматизированные информационные системы (АИС), в которых представление, хранение и обработка информации осуществляется с помощью средств вычислительной техники. Не является исключением складское хозяйство. Очень удобно для пользователей введение в АИС подсистем, осуществляющих поддержку принятия решений о качестве поступающей и хранящейся на складе продукции, что помогает формировать, например, гибкую ценовую политику.

Разработана АИС склада колбасной продукции [1, 2], содержащая следующие подсистемы: подсистемы ввода / вывода информации; БД (базу данных); СУБД (систему управления базой данных); подсистему принятия решений.

В АИС заложена информация: список предприятий, предоставляющих продукцию; наименование производимой данными предприятиями продукции, имеющейся в наличии на складе; характеристики для каждого вида продукции, по которым можно определить её качество, нормы качества.

Литература

Балашова, Е.А. Создание информационной системы средствами Microsoft Access /– Воронеж: ВГТА, 2008.
http://cnit.vsuet.ru/education/Adonis/Kaf-acy/mi_access/index.html.

Балашова, Е.А. «Проектирование информационных и управляющих систем поддержки принятия решений. Практикум» / Е.А. Балашова, В.К. Битюков, Е.А. Хромых, Е.А. Саввина. – ВГУИТ. – Воронеж, 2016.

А.В. Скрыпников, И.А. Саранов

ТЕНДЕНЦИИ КИБЕР-УГРОЗ 2020 ГОДА

Удаленный режим работы спровоцировал рост утечек данных и атак на информационные системы во всем мире. Число атак через сервисы RDP возросло с начала последнего квартала 2020 года возросло на 30 %. Распространение получили кражи персональных данных для удаленных совещаний и конференций в наиболее популярных сервисах. [1].

Кибер-преступники с помощью подкупа сотрудников компаний, получают доступ к информационным системам. В результате реализованных атак, информация не только попадает к злоумышленникам, но и шифруется ими для последующего требования выкупа за расшифровку информации.

Также широко эксплуатируется фишинг на тему коронавируса, от покупки лекарственных препаратов и до вакцинации в 2021 году.

Даже крупные компании, вынуждены были заплатить выкуп вымогателям, поскольку силами отделов по информационной безопасности устранить последствия атак не удалось [2].

Многие компании в 2020 году спешно переводились на удаленный режим работы, а в 2021 году у многих компаний есть шанс сделать работу над ошибками. В настоящее время некоторые компании предлагают, провести разного рода киберучения на основе цифровой модели организации, соответствующей реальной инфраструктуре [3].

Литература

1. <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/cybersecurity-threatscape-2020-q2-rus.pdf>.
2. <https://www.tadviser.ru> Статья: Вирусы-вымогатели_(шифровальщики)_Ransomware
3. <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/about/news/itogi-ushedshego-goda-i-prognozy-na-2021-god/>

А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова**РАЗВЕРТЫВАНИЕ СЕТЕВОЙ IDS**

Подозрительное событие – это событие, которое не удалось распознать, иначе говоря, не соответствующее полностью ни одной из других категорий. Система IDS, не дает достаточно данных для точного определения реальной ситуации и выяснения того, что произошло – безобидная ошибка или атака

Когда источник сомнительной активности находится в какой-либо удаленной сети, то будет наблюдаться только трафик, поступающий на ваш узел. В случае локального источника, будет возможен сбор всего трафика с данного компьютера.

Для начала сбора всего трафика с источника, необходимо настроить детектор IDS на сбор всей информации из сомнительного источника.

Процесс развертывания сетевой IDS, начиная с предварительных этапов, которые необходимо выполнять перед непосредственной процедурой развертывания: определить, какие действия вы пытаетесь осуществить посредством развертывания датчика IDS. Это поможет четко обрисовать цели применения IDS; на основе целей применения IDS определить, какой сетевой трафик требуется отслеживать; решить, каким образом будут обрабатываться различные события, выявляемые IDS. Необходимо определить, что будет разумнее – поручить выполнение некоторого действия системе IDS или оператору, который будет выполнять нужную процедуру; отсутствие опыта при первой установке пороговых значений. Если в вашем обзрении есть уже функционирующая система IDS, можете посмотреть, какие пороговые значения установлены на этой системе для различных признаков атак; составить план развертывания IDS и определить, кого в организации нужно задействовать для выполнения этой задачи; для развертывания датчика NIDS, необходимо установить на компьютер Linux, FreeBSD или другую версию операционной системы семейства Unix; следуя инструкциям по установке выполните установку программы Snort. Можно также установить ряд дополнительных программных пакетов для упрощения процесса управления и конфигурации; подключить датчик к сети. Лучше всего сделать это при помощи концентратора. Тем не менее, можно также использовать порт разветвителя на коммутаторе; разместив датчик на нужном месте, необходимо просмотреть файлы журналов, чтобы выяснить, какие события в них фиксируются. Также можно использовать программу Acid для просмотра файлов журнала через веб-интерфейс. Acid – это веб-интерфейс, используемый для анализа данных программы Snort; настройка датчика и оценка результатов его работы потребует некоторых временных затрат.

А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова

АНАЛИЗ УГРОЗ ИБ ПРЕДПРИЯТИЯ В СЕТЕВОЙ СРЕДЕ

Любая организация, не зависимо от масштаба и сферы деятельности, имеет потребность в интернете и активно пользуется им для работы и продвижения компании. Вследствие этого для персональных компьютеров компании существуют сетевые угрозы. Сетевые угрозы очень многочисленны и разнообразны.

Выбор ответных действий на предотвращение сетевых атак зависит от целей, для которых используется система обнаружения вторжений. При возникновении события можно выбрать пассивную обработку (ответное действие, не препятствующее действиям атакующего) или активную обработку (ответное действие, препятствующее действиям злоумышленника).

Пассивная обработка событий является наиболее распространенным типом действий, предпринимаемых при обнаружении вторжения. Пассивные ответные действия обеспечивают меньшую вероятность повреждения легитимного трафика, являясь, в то же время, наиболее простыми для автоматического применения. Они осуществляют сбор большего числа информации или передают уведомления лицам, имеющим право на принятие более жестких мер.

Система безопасности настраивается на игнорирование атак через несуществующие службы или службы, относительно которых межсетевой экран является неуязвимым.

События, которые можно безопасно игнорировать, можно определить благодаря информации, получаемой в итоге сканирования уязвимостей.

Ведение журналов является одним из способов обеспечения информационной безопасности организации. Запись события в журнал является пассивным ответным действием, в рамках которого больше не осуществляется никаких операций. С помощью сбора основных данных (IP-адреса, дата и время, тип события, идентификаторы процесса, идентификаторы пользователя и т. д.) система распознает событие как что-то, требующее последующего внимания.

Ведение дополнительных журналов позволяет при осуществлении сбора большего количества данных о фиксируемом в нормальном режиме событии, пассивная обработка событий является более эффективной.

Применение назначенного сервера журналов помогает выполнять сбор детализованной информации, которая потом применяется для отделения источника трафика, а также в качестве возможных доказательств, если произошедшее событие вызовет судебное разбирательство.

Уведомления позволяют системе обнаружения вторжений информировать пользователей о произошедшем событии посредством мерцающих окон и звуковых сигналов и заканчивая почтовыми сообщениями. Тот или иной тип выбирается в зависимости от обстоятельств.

Активная обработка событий позволяет наиболее быстро приступить к возможным мерам для снижения уровня вредоносного действия события.

С помощью изучения события решается, какой объект подлежит уничтожению. Если осуществление нелегального доступа к файлам – лучше закрыть сеанс данного пользователя, использование сетевого соединения – закрыть соединение.

А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА СЕТЕВЫХ УГРОЗ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Одной из основных целей использования систем обнаружения вторжений является распознавание атак. Система обнаружения вторжений запрограммирована на поиск установленных типов событий, которые выступают признаками атак.

Мониторинг политики не такой важный аспект деятельности по обнаружению атак. Цель системы обнаружения вторжений, настроенной на отслеживание политики, – наблюдение за выполнением или невыполнением политики организации. Хостовую систему обнаружения вторжений (NIDS) можно настроить на отслеживание всего веб-трафика вне сети. Такая настройка будет разрешать отслеживать любое расхождение с политиками использования интернета.

Система NIDS также проверяет соответствие конфигурациям маршрутизатора или межсетевого экрана. В этом случае NIDS настраивается на отслеживание трафика, который не должен проходить через маршрутизатор или межсетевой экран.

Система обнаружения вторжений может оказаться полезной после обнаружения инцидента для сбора доказательств. Узловую системц обнаружения вторжений можно настроить на отслеживание определенных соединений и ведение полноценного журнала по учету трафика, а HIDS для фиксирования всех записей журнала для определенной учетной записи системы.

Выбор объекта мониторинга зависит от целей, поставленных перед системой обнаружения вторжений, и от среды, в которой система обнаружения вторжений будет работать. Если цель IDS заключается в обнаружении атак, и ее расположении в интернете вне межсетевого экрана, то IDS нужно будет изучать весь трафик, поступающий на межсетевой экран, для нахождения входящих атак. Лучше расположить IDS в пределах зоны, защищаемой межсетевым экраном, для выявления атак, успешно прошедших межсетевой экран.

Выбор объекта мониторинга определяет расположение датчиков. Датчики могут находиться за пределами межсетевого экрана, внутри сети, на системах с секретной информацией или на системах, применяемых специально для сбора и обработки данных журнала. При расположении датчика COB нужно помнить, что датчик должен иметь возможность просмотра интересующих событий, будь то сетевой трафик или записи журнала.

Датчик NIDS будет работать неправильно, если он будет подключен к порту коммутатора в случае использования коммутаторов вместо концентраторов. Коммутатор будет отправлять к порту, к которому подключен датчик, только трафик, направленный на этот датчик.

Единственным вариантом применения датчиков NIDS в коммутируемой сети является использование порта, отслеживающего коммутатор, или использование сетевого разветвителя. При применении порта может возникнуть конфликт с персоналом по обслуживанию сети вследствие того, что данный порт может применяться для разрешения проблем, образующихся в сети. Магистраль коммутатора передает данные со скоростью в несколько мегабит в секунду, и датчик NIDS использует соединение 100BaseT (скорость 100 мегабит в секунду). Такое соединение не позволяет осуществлять передачу данных NIDS, поэтому в данной конфигурации не представляется возможным прерывание соединений.

Разветвитель – это неактивное проводное соединение между двумя устройствами. Разветвитель подключается к концентратору, к которому также подсоединен датчик NIDS, что позволяет датчику отслеживать трафик. Разветвитель не разрешает датчику NIDS выполнять передачу данных, поэтому в данной конфигурации прерывание соединений также непозволительно.

А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ SMURF-АТАК

Атака Smurf или ICMP-флуд считается одной из самых опасных видов DoS-атак, так как у компьютера-жертвы после такой атаки произойдет отказ в обслуживании практически со 100 % гарантией. Злоумышленник использует широковещательную рассылку для проверки работающих узлов в системе, отправляя ring-запрос. Очевидно, атакующий в одиночку не сможет вывести из строя компьютер-жертву, поэтому требуется ещё один участник – это усиливающая сеть. В ней по широковещательному адресу злоумышленник отправляет поддельный ICMP пакет. Затем адрес атакующего меняется на адрес жертвы. Все узлы пришлют ей ответ на ring-запрос. Поэтому ICMP-пакет, отправленный злоумышленником через усиливающую сеть, содержащую 200 узлов, будет усилен в 200 раз. Поэтому для такой атаки обычно выбирается большая сеть, чтобы у компьютера-жертвы не было никаких шансов.

Для описания её действия можно остановиться на рассмотрении двух систем А и В, которые хотят установить между собой TCP соединение, после которого они смогут обмениваться между собой данными. На установку соединения выделяется некоторое количество ресурсов, этим и пользуются DoS-атаки. Отправив несколько ложных запросов, можно израсходовать все ресурсы системы, отведённые на установление соединения. Рассмотрим подробнее, как это происходит. Хакер с системы А отправляет пакет SYN системе В, но предварительно поменяв свой IP-адрес на несуществующий. Затем, ничего не подозревая, компьютер В отправляет ответ SYN/ACK на несуществующий IP-адрес и переходит в состояние SYN-RECEIVED. Так как сообщение SYN/ACK не дойдет до системы А, то компьютер В никогда не получит пакет с флагом ACK. Данное потенциальное соединение будет помещено в очередь. Из очереди оно выйдет только по истечении 75 секунд.

Этим пользуются злоумышленники и отправляют сразу несколько пакетов SYN на компьютер жертвы с интервалом в 10 секунд, чтобы полностью исчерпать ресурсы системы. Определить источник нападения очень непросто, так как злоумышленник постоянно меняет исходный IP-адрес. Атака Fragggle (от англ. «осколочная граната») является полным аналогом Smurf-атаки, где вместо ICMP пакетов используются пакеты UDP, поэтому её ещё называют UDP-флуд. Принцип действия этой атаки простой: на седьмой порт жертвы отправляются echo-команды по широковещательному запросу. Затем подменяется IP-адрес злоумышленника на IP-адрес жертвы, которая вскоре получает множество ответных сообщений. Их количество зависит от числа узлов в сети. Эта атака приводит к насыщению полосы пропускания и полному отказу в обслуживании жертвы. Если все же служба echo отключена, то будут сгенерированы ICMP-сообщения, что также приведёт к насыщению полосы.

Устранение уязвимостей не работает против флуд-атак, для которых «уязвимостью» является конечность тех или иных системных ресурсов. Данная мера нацелена на устранение ошибок в системах и службах.

С.В. Белокуров, О.А. Кондратов

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

В настоящее время огромное значение приобретает решение глобальной проблемы обеспечения устойчивости функционирования информационных систем, построенных на основе компьютерных технологий, и ряд вытекающих из нее задач, в частности задача обеспечения безопасности информационных процессов в информационно-телекоммуникационных системах специального назначения (ИТКС СН) [1].

Рассмотрим понятие защищенной в плане безопасности информационных технологий (БИТ) ИТКС СН, позволяющее проводить исследование в области создания методологической базы организационно-технического управления защитой информации в ИТКС СН на основе средств информационной безопасности (ИБ). Защищенная в плане БИТ ИТКС СН характеризуется определенными свойствами, а именно [2]: реализуется процесс автоматизации обработки данных, учитывающий вопросы, связанные с обеспечением БИТ; противодействует совокупности угроз ИБ, наличие которых возможно в данной среде; отвечает требованиям актуальных нормативных документов и стандартов, действующих в области ИБ ИТКС СН.

Если отнести данные свойства, характеризующие защищенную ИТКС СН в область реализации методологической базы организационно-технического управления защитой информации в ИТКС СН на основе средств ИБ, то можно выделить определенные его свойства, такие, как: способность управления полной совокупностью моментов, которые связаны вопросами обеспечения ИБ обрабатываемых данных в ИТКС СН, с реализацией автоматизации защиты информации (ЗИ) с помощью данной ИТКС СН; внешние параметры управления характеризуются параметрами той среды, в которой существуют угрозы, связанные с ИБ; реализация управления ЗИ осуществляется в соответствии с требованиями актуальных стандартов БИТ.

Приведенная выше формулировка защищенной с точки зрения безопасности информационных технологий ИТКС СН дает возможность формальному определению ИТКС СН.

Z_w есть величина, характеризующая защищенность конкретной ИТКС СН в определенной среде W действующих угроз БИТ, ее можно отобразить в следующем виде $Z_w : V \times U \rightarrow 2^W$, где V – область возможных вариантов внешних условий эксплуатации ИТКС СН, U – область возможных вариантов управляющих влияний на подсистеме обеспечения защиты информации (ПОЗИ) в ИТКС СН, W – среда, в которой действуют угрозы ИБ (включает в себя всю совокупность угроз БИТ), 2^W – обозначает множество всех составляющих среды W угроз ИБ, $Z_w(v, u)$ – определяет множество возможных угроз ИБ в ИТКС СН, от которых ПОЗИ реализует защиту.

Так называемая условная защищенность определенной ИТКС СН в определенной среде W совокупности угроз ИБ в случае $v_0 \in V$ внешних факторов эксплуатации ИТКС СН определяется отображением вида $Z_w(v_0, u)$, $u \in U$.

Условная ИБ определенной ИТКС СН в определенной среде W совокупности угроз ИБ в случае $u_0 \in U$ управляющего влияния на ПОЗИ в ИТКС СН определяется отображением вида $Z_w(v, u_0)$, $v \in V$.

Текущие защищенности целесообразно сравнивать только в той ситуации, когда они рассматриваются применительно к одной среде, в которой действуют определенные угрозы ИБ. В данном случае ИТКС СН могут быть разные, V , U , v_0 , u_0 . Определим:

$Z_w^1(v_0^1, u_0^1) \subseteq W$ – как множество, которое характеризует защищенность ИТКС СН № 1 в определенной среде W совокупности угроз ИБ в случае варианта $v_0^1 \in V^1$ внешних факторов эксплуатации ИТКС СН № 1 и варианта $u_0^1 \in U^1$ управляющего влияния на ПОЗИ в ИТКС СН; $Z_w^2(v_0^2, u_0^2) \subseteq W$ – как множество, которое характеризует защищенность ИТКС СН № 2 в определенной среде W совокупности угроз ИБ в случае варианта $v_0^2 \in V^2$ внешних факторов эксплуатации ИТКС СН № 2 и варианта $u_0^2 \in U^2$ управляющего влияния на ПОЗИ в ИТКС СН.

Когда $Z_w^1(v_0^1, u_0^1) \subset Z_w^2(v_0^2, u_0^2)$, тогда текущая защищенность ИТКС СН № 2 больше, чем текущая защищенность ИТКС СН № 1; когда $Z_w^2(v_0^2, u_0^2) \subset Z_w^1(v_0^1, u_0^1)$, тогда текущая защищенность ИТКС СН № 1 больше, чем текущая защищенность ИТКС СН № 2; когда $Z_w^1(v_0^1, u_0^1) = Z_w^2(v_0^2, u_0^2)$, тогда текущие защищенности ИТКС СН № 1 и ИТКС СН № 2 одинаковы; во всех других ситуациях, когда $(Z_w^1(v_0^1, u_0^1) \not\subset Z_w^2(v_0^2, u_0^2)) \wedge (Z_w^2(v_0^2, u_0^2) \not\subset Z_w^1(v_0^1, u_0^1)) \wedge (Z_w^1(v_0^1, u_0^1) \neq Z_w^2(v_0^2, u_0^2))$, тогда провести сравнение текущих защищенностей не представляется возможным.

Но, путем ввода определенных структур текущей защищенности P_z , которые представляют собой системы определенных предпочтений текущих защищенностей ИТКС СН в форме системы с отношениями, возможно добиться сравнения величин текущих защищенностей ИТКС СН № 1 и ИТКС СН № 2 в соответствии с выбранной структурой предпочтений P_z .

Защищенность ИТКС СН, которая может определяться, как потенциально достижимая в данной среде W совокупности угроз ИБ в случае, когда реализован вариант $v_0 \in V$ внешних факторов эксплуатации ИТКС СН характеризуется множеством составляющих пространства W совокупности угроз ИБ [3–4]:

$\max_{u \in U} Z_w(v_0, u) \subset 2^W$, которое определяется, как:

$$\max_{u \in U} Z_w(v_0, u) = \left\{ Z_w^0 \subseteq W \mid (\exists u_0 \in U) (Z_w(v_0, u_0) = Z_w^0) \wedge (\forall u \in U) (Z_w^0 \not\subset Z_w(v_0, u)) \right\}.$$

Формальный вид защищенности ИТКС СН основывается на определенном способе формального представления совокупности угроз ИБ. Некоторую угрозу ИБ $w \in W$ можно представить в следующем виде: $w = \langle R, S, I, P, F_t(t) \rangle$, где R – величина, характеризующая результат несанкционированного влияния (является недопустимым для ИТКС СН), S – величина, характеризующая способ достижения результата R , I – величина, характеризующая совокупность средств, необходимых и достаточных, чтобы добиться результата R несанкционированным субъектом с использованием способа S ,

P – величина, характеризующая вероятность, того, что несанкционированный субъект добьется результата R с использованием способа S опираясь на совокупность средств I , $F_r(t)$ – определяется, как функция распределения времени, величина которой не может быть меньше минимально необходимого для реализации несанкционированным субъектом результата R , используя способ S , основываясь на выборе совокупности средств I .

Пространство совокупности угроз ИБ W можно представить:
$$\left(\langle R^0, S^0, I^0, P^0, F_r^0(t) \rangle \in W \right) \Rightarrow ((\forall P \in (0; P^0), F_r(t) \in F \mid$$

 вить:
$$\mid (\forall t \in (-\infty; +\infty))(F_r(t) \leq F_r^0(t))) (\langle R^0, S^0, I^0, P, F_r(t) \rangle \in W))$$
, где F –

определяется как множество функций распределения случайных величин.

Из представленного выше формального представления защищенности ИТКС СН следует, что следующие изменения по отдельности, или совокупность этих изменений влекут за собой повышение уровня текущей защищенности, а именно: определенный результат несанкционированного влияния R не имеет возможности быть реализованным несанкционированным субъектом; определенный результат несанкционированного влияния R имеет возможность быть реализованным несанкционированным субъектом, но определенный способ S , используемый для достижения результата R не может быть использован несанкционированным субъектом; определенный результат негативного влияния R может быть достигнут несанкционированным субъектом с использованием определенного способа S , но определенная совокупность средств I , используемых для того, чтобы добиться результата R , используя способ S не может быть использован несанкционированным субъектом; определенный результат негативного влияния R может быть реализован несанкционированным субъектом, с использованием определенного способа S , с учетом определенной совокупности средств I , но максимальное значение достижимой вероятность этого меньше допустимого; определенный результат несанкционированного влияния R может быть реализован несанкционированным субъектом с максимально достижимым

значением вероятности P , с условием использования определенного способа S , учитывая совокупность средств I , но минимально необходимое время для осуществления этого, больше допустимого.

Таким образом предложен способ оценки защищенности информационных потоков в информационных системах специального назначения, позволяющий проводить комплексный анализ безопасности информационных ресурсов в таких системах от различных типов внешних угроз.

Литература

1. Оценка защищенности информационных процессов в территориальных органах внутренних дел: модели исследования: монография – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2010. 217 с.
2. Белокуров С.В. Математическое моделирование показателей защищенности информационных процессов в инфокоммуникационных системах // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2014. № 2. С. 19–23.
3. Белокуров С.В. Mathematical modeling of mechanisms for detecting threats of information leakage through parametric channels // International Conference "Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems", J. Phys.: Conf. Ser. 2019. Vol. 1202. P. 012012
4. Белокуров С.В. Modeling information systems based on the use of discrete and indiscrete laws of distribution and their approximation // Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems", J. Phys.: Conf. Ser. 2019. Vol. 1203. P. 012081

И.А. Высоцкая

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК

В работе рассматриваются статистические методы обнаружения сетевых атак. При моделировании систем защиты от несанкционированных вторжений в компьютерные сети возникают задачи, связанные с обнаружением не известных ранее видов атак. Преимуществами статистических методов является их адаптация к изменению поведения пользователя, а также способность к обнаружению модификаций различных атак.

Вначале необходимо определить объект анализа, и критерии, по которым в дальнейшем определяется потенциальная угроза сетевой безопасности, построить базовый профиль системы, без аномалий, с использованием методов математической статистики. Для формирования профиля предлагается для использования программа Wireshark. Далее следует производить сопоставление текущего состояния системы с некими определёнными заранее признаками, характеризующими стационарное функционирование системы. При обнаружении существенных отклонений выдается сообщение о начале сетевой атаки. Применение комплексного подхода при обеспечении безопасности сети позволяет эффективно предотвратить ущерб от несанкционированного доступа.

Литература

1. Шелухин О.И. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии). Учебное пособие для вузов / О.И. Шелухин, Д.Ж. Сакалема, А.С. Филинова. – М: Горячая линия-Телеком, 2013. – 220 с.

И.А. Высоцкая

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВТОРЖЕНИЙ

Развитие компьютерных сетей и информационных технологий вызывает непрерывное развитие программного обеспечения, связанного с безопасностью сетевых ресурсов, которое требуют новых подходов.

Одними из распространённых методов являются сигнатурные методы. Они основаны на обращении к «словарю» с известными вирусами, составленному авторами антивирусной программы. Большое количество характеристических особенностей компьютерного вируса делает этот метод достаточно затратным для реализации.

Наравне с сигнатурными методами рассмотрим поведенческие методы. Они основаны на моделях «нормального» функционирования информационной системы. Эти профили формируются с помощью машинного обучения в течение некоторого времени.

Наиболее эффективными является комбинированные методы. Системы, использующие такие методы, состоят из двух баз данных включающих факты и правила. Полученная система правил описывает характеристики атак, которые должна обнаруживать система обнаружения вторжения.

Применение комплексного подхода при обеспечении безопасности сети позволяет эффективно предотвратить ущерб от несанкционированного доступа.

Литература

1. Шелухин, О.И. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии). Учебное пособие для вузов / О.И. Шелухин, Д.Ж. Сакалема, А.С. Филинова. – М: Горячая линия-Телеком, 2013. – 220 с.

И.А. Высоцкая

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ УДАЛЕННОЙ РАБОТЫ

Для многих отраслей удаленные режим работы представляет много преимуществ, позволяет поддерживать стабильную деятельность компании, минимизирует издержки на поддержание деятельности, облегчает условия работы для сотрудников. Однако при работе из дома информация передается через незащищенные каналы. В связи с этим особую актуальность приобретает обеспечение и сохранение информационной безопасности при удаленной работе.

Проникновение в компьютер вируса или другого вида вредоносного программного обеспечения может привести к похищению или несанкционированному изменению данных. Поэтому наличие и использование эффективной антивирусной программы относится к числу основных правил по безопасности при удаленной работе. Наличие уязвимостей в операционных системах и приложениях один из наиболее распространенных каналов для доступа злоумышленников к конфиденциальной информации. Соответственно, регулярное обновление позволяет сделать программу безопасной и минимизировать риск утечки данных. Наличие системы межсетевого экрана (файерволы, брандмауэры) является главным средством защиты от сетевых атак. Поэтому на компьютере работника, работающего удаленно, должен быть установлен и правильно настроен межсетевой экран.

Литература

1. Шелухин, О.И. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии) / О.И. Шелухин, Д.Ж. Сакалема, А.С. Филинова. – М: Горячая линия-Телеком, 2013. – 220 с.

А.В. Скрыпников, В.В. Денисенко, И.И. Савченко

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ OPEN SOURCE БЕЗОПАСНОСТИ

В настоящее время термин «open source» распространил своё значение с разработки ПО на подобный принцип работы в целом. Согласно ежегодному отчёту Synopsys за 2020 год, с 2015 до 2019 года использование open source почти удвоилось, увеличившись от 36 до 70 %. 99 % исследованного в ходе анализа кода содержат компоненты open source. При этом 75 % кода обнаружили уязвимости. Поэтому особенную актуальность обретает проблема open source безопасности.

Мы ставим целью рассмотреть текущее состояние безопасности программного обеспечения с открытым исходным кодом и проблемы безопасности, тенденции уязвимостей в пакетах и образах контейнеров, а также методы обеспечения безопасности программного обеспечения.

Можно выделить пять основных тенденций open source безопасности в 2020 г.: культура безопасности заметно выросла; количество новых уязвимостей в самых популярных экосистемах снизилось; типы уязвимостей, о которых чаще всего сообщают, в большинстве случаев оказывают незначительное влияние на программные проекты; использование официальных образов контейнеров не заменяет регулярную гигиену безопасности; сроки устранения уязвимостей не соответствуют ожиданиям.

На основе анализа [1] можно сделать вывод, что безопасность в open source экосистеме улучшается благодаря множеству положительных изменений с точки зрения осведомленности и исправлений.

Литература

1. Skrypnikov, A.V. Information security as the basis of digital economy // В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). 2020. С. 149–153.

А.В. Скрипников, В.В. Денисенко, И.И. Савченко

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ОТ DOS-АТАК

DoS (denial-of-service – «отказ в обслуживании») – это тип кибератаки, при которой злоумышленник стремится сделать компьютер или другое устройство недоступным для предполагаемых пользователей, прерывая нормальное функционирование устройства.

Существуют различные типы DDoS / DoS-атак, использующие разнообразные методы, но мы остановимся на тех, с которыми пользователи сталкивались чаще всего в 2020 году.

1. SYN-флуд – это тип DOS-атаки, при которой злоумышленник отправляет серию SYN-запросов к целевой системе в короткий срок, переполняя на сервере очередь на подключения.

2. Teardrop attack заключается в том, что на машину жертвы направляются сломанные и неорганизованные IP-фрагменты с перекрывающимися крупногабаритными данными.

3. Низкоскоростная DoS-атака предназначена для использования медленной временной динамики TCP, позволяющей выполнить механизм тайм-аута повторной передачи (RTO) для снижения пропускной способности TCP.

4. ICMP-флуд – это отправка аномально большого количества ICMP-пакетов любого типа (особенно пакетов «ping» тестирования сетевой задержки), которая приводит к перегрузке целевого сервера, пытающегося обработать каждый входящий запрос ICMP.

По результатам 2020 г. выявились четыре лидера: Webroot DNS Protection, BitNinja, Kaspersky DDoS Protection в области защиты от кибератак. Мы ставим целью рассмотреть текущее состояние безопасности программного обеспечения с открытым исходным кодом и проблемы безопасности, тенденции уязвимостей в пакетах и образах контейнеров, а также методы обеспечения безопасности программного обеспечения.

А.В. Скрыпников, В.В. Денисенко, К.С. Евтеева

ПЕРЕХОД ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К КИБЕРУСТОЙЧИВОСТИ

Киберустойчивость – это способность организации обеспечить ускорение бизнеса (отказоустойчивость предприятия) за счет подготовки к киберугрозам, реагирования на них и восстановления после них. Киберустойчивая организация может адаптироваться к известным и неизвестным кризисам, угрозам, невзгодам и вызовам. Конечная цель киберустойчивости – помочь организации преуспеть в неблагоприятных условиях (кризис, пандемия, финансовая нестабильность и т. д.).

Раньше все заботились о создании информационной безопасности и защите ИТ-систем и данных, в последние годы киберустойчивость выходит на первый план – компании должны быть готовы к этому, реагировать и быстро восстанавливаться. Киберустойчивая организация способна адаптироваться к известным и неизвестным кризисам, угрозам, трудностям и попыткам. Главной целью киберустойчивости является оказание организации помощи успешным сделкам в неблагоприятных условиях, в том числе во времена кризисов, пандемий, финансовой нестабильности и т. д. Эксперты рынка ИБ говорили об этом уже давно, но только сейчас бизнес начал реализовывать новые реалии и использовать этот подход как основной.

После проведенного нескольких организаций [1], мы выделяем следующие главные элементы системы информационной безопасности, отвечающие за киберустойчивость организации: программа управления инцидентами, непрерывный мониторинг ИБ и программа оценки эффективности ИБ.

Литература

1. Skrypnikov, A.V. Information security as the basis of digital economy // В сборнике: Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). 2020. С. 149–153.

А.В. Скрыпников, Д.В. Арапов, В.В. Денисенко

ПРОГРАММНЫЙ ИМИТАТОР СЕТЕЙ ETHERNET

В связи с широким распространением управляющих систем на основе Ethernet, возникла необходимость в их моделировании, что позволяет значительно снизить затраты на исследование и определение оптимальных параметров системы. Актуальна разработка моделей, воссоздающих сетевые информационные процессы. В связи с этим возникает необходимость в создании программного комплекса, способного имитировать работу управляющих систем на основе сети Ethernet с протоколами реального времени, учитывающего характеристики компонентов и программного обеспечения используемых в реальной системе управления. Используется графический интерфейс пользователя, отображающий топологию сети, в котором реализуется анализ системы на основе отдельных компонентов сети (объектов управления, компьютеров, коммуникационного оборудования, операционных систем, и т. д.) с их заводскими характеристиками. Разработанная модель позволяет решить задачу моделирования системы управления, основанную на сети с детерминированным методом доступа. Исследуются характеристики сети системы управления; оценивается производительность с использованием математического аппарата теории массового обслуживания, вычисляется зависимость времени передачи кадров от скорости работы сети без подключения к реальным каналам. Это позволяет определить среднее время задержки кадров, влияние величины задержек на скорость работы канала связи сети, определить зависимость скорости обмена информацией по каналам сети и производительности коммутатора сети. Сеть представляется в виде нелинейной динамической системы с различными математическими распределениями, имитирующими поведение сетевого трафика. Разработанный математический аппарат позволяет снизить время и затраты на создание и оптимизацию систем управления на основе сетей Ethernet с детерминированным доступом.

А.В. Скрыпников, Д.В. Арапов, М.А. Зайцева

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОММУТАТОРА СЕТИ ETHERNET.

Коммутатор Ethernet смоделирован одноканальной массивной системой обслуживания (SMS) с дисциплиной обслуживания заявок по FIFO и входным буфером с конечной емкостью. СМО относится к классу систем с потерями. Коммутационная матрица и процессор представлены в виде служебного устройства, входной буфер – в виде очереди, кадры – в виде запросов, которые генерируются источником трафика. Зарядка коммутатора – потребитель трафика. Уровень нагрузки входного канала выражается за счёт интенсивности прикладного потока, вектор состояния канала является двухмерным и характеризуется размером раstra и паузами.

Длина кадра с дискретными 8 битами определяется в битовом разделе [512, 12144], а размер паузы определяется в среднем интервале наносекунд (160, ∞). Таким образом, СМО-запись получает поток приложений, описанный двумя случайными значениями – размером сюжета и длительностью паузы. Также произвольно генерируется время, необходимое для проверки контрольной суммы и определения таблицы коммутации порта выключения дня и оставшегося времени до освобождения дня отключения порта.

Емкость памяти входного буфера, битовые скорости коммутационного ядра и процессора являются аппаратными параметрами и принимаются как константы. Длина очереди определяется от того же количества запросов, полученных в системе, до суммы поданных, утраченных и в буфер. Параметры вывода модели: текущая длина очереди, время задержки коммутации кадров, рост интервала между кадрами. Математическим алгоритмом модели является экспоненциальный закон случайности и функция Heaviside. С # язык программирования, среда разработки MS Visual Studio 2010.

Ю.П. Барметов**ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МОДЕЛИ
ОБЪЕКТА С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Рассматривается задача получения и преобразования динамической математической модели процесса экстракции растительного масла из жмыха органическим растворителем на горизонтальном экстракторе с орошением. Модель предназначена для синтеза системы управления процессом экстракции. Процесс экстракции масла из жмыха осуществляется путем орошения жмыха, перемещающегося на сетчатом горизонтальном конвейере, растворителем (гексаном) или раствором масла в гексане (мисцеллой). Мисцелла собирается под конвейером на поддонах и часть её насосами подается на орошение, а часть отбирается на дальнейшую переработку с целью отделения масла от растворителя.

Из условия материального баланса записана система дифференциальных уравнений для концентраций масла в жмыхе и мисцелле, причем, первая концентрация является функцией времени и продольной координаты конвейера, вторая зависит только от времени. Уравнения модели записаны при допущениях о постоянстве ряда параметров, об идеальном вытеснении в продольном движении жмыха и идеальном перемешивании мисцеллы. Поскольку исходная система уравнений представлена уравнением в частных производных и интегро-дифференциальным уравнением, её многократное решение в процессе синтеза системы управления требует больших затрат времени. Для сокращения времени решения предложен алгоритм перехода к уравнениям с запаздывающим аргументом, включающий решение системы для установившегося режима, переход от полных переменных к их отклонениям от установившихся значений, запись полученных уравнений в преобразованиях Лапласа, упрощение, разделение переменных по уравнениям и переход во временную область. Уравнения с запаздывающим аргументом решаются численно почти также, как и обыкновенные дифференциальные.

С.Г. Тихомиров, А.А. Маслов, Е.В. Линцова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Оптимизация технологических процессов шинной промышленности является актуальной задачей. В настоящее время, наука не может предложить эффективных методик, основанные на информации о компонентах резиновых смесей, позволяющие прогнозировать свойства конечных изделий. Исходные компоненты и параметры технологического процесса их изготовления влияют на конечную концентрацию компонентов. Свойства конечных изделий определяются по контрольным образцам, полученным из соответствующей серии партии полимерных композиционных материалов. Целью работы является выведение математических зависимостей между составом эластомерной композиции и прогнозируемыми свойствами готовой резиновой смеси, с учетом параметров изготовления и переработки композиции. Предложена математическая модель физико-механических показателей резиновых изделий в зависимости от концентрации поперечных связей. Результаты исследований позволяют рассчитывать оптимальные параметры технологического режима изготовления резиновых смесей под требуемые физико-механические характеристики резиновых смесей на заключительных стадиях производства, в зависимости от назначения итогового изделия. Подготовлена экспериментальная база данных для определения параметров модели прогнозирования свойств полимерных композиций. Создан программный модуль компьютерного моделирования процесса вулканизации полимерных композиций, включающий расчет температурных полей и степень вулканизации многослойных изделий (как при изотермических, так и неізотермических условиях проведения процесса).

А.Н. Гаврилов

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕЛЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ

Использование в качестве добавки смеси Вулкатив в производстве резинотехнических материалов позволяет улучшить эластичные параметры изделия.

Процесс получения данной многокомпонентной смеси циклический и состоит из нескольких последовательно выполняемых технологических операций при повышенной температуре. На начальной стадии процесса смешения необходимо поддержание температуры в диапазоне 130–150° С для достижения влажности исходного сырья менее 2 %. Затем в полученный расплав добавляются поочередно два компонента. После каждого внесенного компонента, смесь при заданной температуре перемешивается в течение определенного временного интервала.

Для управления подобными технологическими процессами вместо контроллеров удобно применять современные интеллектуально-программируемые реле. Эти реле созданы для упрощения создания электрических схем при решении сложных задач. Они очень просты в использовании, а их функциональность и высокая производительность позволяют экономить время и деньги. Например, использование интеллектуального реле Zelio Logic SR3B261BD фирмы Schneider Electric позволяет получить надежную и недорогую автоматизированную систему управления рассмотренным процессом.

Для ведения процесса на графическом языке программирования FBD было разработано необходимое программное обеспечение реле, которое позволило реализовать необходимый алгоритм получения многокомпонентной смеси и обеспечить светозвуковую сигнализацию сопровождения циклограммы процесса с квитиowaniem выполняемых операций оператором.

В.С. Кудряшов, А.В. Иванов, М.В. Алексеев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ЭТИЛБЕНЗОЛА ПО ВВОДУ ПИТАНИЯ В КОЛОННУ

Процесс ректификации предназначен для выделения этилбензола (ЭБ) из реакционной смеси, состоящей из четырех компонентов, основными из которых являются бензол и ЭБ, после реактора алкилирования. На качество разделения смеси по фракциям существенное влияние оказывают расход и состав питания колонны, которые могут изменяться в зависимости от складских запасов сырья, необходимого объема выработки целевого продукта – ЭБ, а также от качества и эффективности работы реактора алкилирования на предыдущей стадии производства.

Исследования процесса показывают, что составы продуктов разделения зависят не только от управляющих параметров (расхода флегмы и температуры куба колонны), но и также от номера тарелки питания в колонне. Поэтому важное значение при управлении имеет выбор оптимальной тарелки подачи сырья. Поиск оптимальной тарелки заключается в определении такой тарелки, при подаче питания на которую обеспечивается минимум принятого критерия, учитывающего потери продуктов разделения: $K = A_1 \cdot X_{0,\delta} + A_2 \cdot X_{N+1,\varepsilon\delta} \rightarrow \min_{R, T_0}$, где $X_{0,\delta}$, $X_{N+1,\varepsilon\delta}$ – концентрации бензола в кубе и ЭБ в дистилляте; A_1 , A_2 – весовые коэффициенты, учитывающие стоимость продуктов разделения; R , T_0 – расход флегмы и температура в кубе колонны.

Результаты исследований процесса (рис. 1,2) на модели многокомпонентной ректификации ЭБ показывают, что качество процесса на основе предложенного критерия существенно зависит от нагрузки и состава подаваемого сырья [1]. Это влияние можно снизить путём изменения номера тарелки, на которую поступает питание. Кроме того, улучшить качество ведения процесса возможно за счёт оптимизации управляющих параметров.

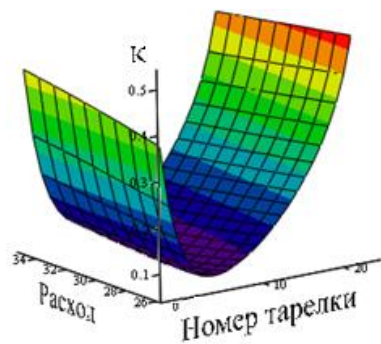


Рис. 1. Зависимость критерия от изменения расхода сырья при подаче питания на различные тарелки

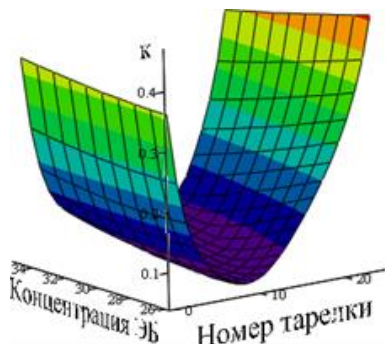


Рис. 2. Зависимость значений критерия от номера тарелки питания при различной концентрации ЭБ в сырье

Литература

1. Кудряшов В.С. и др. Оптимальное управление процессом ректификации этилбензола по модели многокомпонентной ректификации [Текст] / Моделирование энергоинформационных процессов. Сб. статей VIII н. н.-п. конф. с межд. уч. – Воронеж: ВГУИТ, 2020. С. 63–66.

И.А. Авцинов, Н.В. Суханова, Д.Ю. Маликов

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПНЕВМОСИСТЕМЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ С ЗАДАНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

В различных отраслях промышленности возникают сложности в манипулировании миниатюрными специфическими штучными изделиями, что связано с их особыми физико-механическими свойствами. Анализ таких изделий и конструкций устройств для их манипулирования позволил организовать их классификацию и представляет собой первый этап структурной типологизации конструирования устройств с тонкой газовой несущей прослойкой (ТГНП). На втором этапе структурной типологизации удалось объединить характерную специфику описанных изделий с конструктивными особенностями устройств и реализуемыми на последних операциями.

Задача описания некоторой классификации может с успехом решаться посредством дискретной математики, например, аппаратами реляционной алгебры, логикой предикатов и теорией графов. Наилучшим, является язык исчисления предикатов, так как он позволяет не только создать базу необходимых существенных характеристик оборудования и изделий, но и сделать это достаточно просто, а также получить возможность осуществлять логические выводы. Третий этап структурной типологизации заключается в создании алгоритмической программы, позволяющей в автоматическом режиме спроектировать основные элементы конструкций устройств, использующих в своей работе эффекты ТГНП. Программная реализация осуществлена на языке Prolog. Завершающий этап структурной типологизации включает выбор обобщенных динамических характеристик предлагаемых устройств с целью реализации операций в автоматическом режиме и достижения необходимой производительности оборудования, использующего в работе эффекты ТГНП.

И.А. Хаустов, Е.Н. Ковалева

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Для географического районирования объектов использовалась возможность геоинформационных систем работать с любыми типами данных. При этом моделирование задачи аудита экологического состояния объектов с помощью нейронных сетей особенно эффективно в сочетании с картографией и оцифровкой данных. Для решения задачи комплексного анализа состояния экосистем предприятий пищевой промышленности, авторами построена нейронная сеть в программе Matlab, способная оценивать характер совокупной антропогенной нагрузки, осуществлять прогноз развития экологической обстановки. Это создает основу для создания рекомендаций по направлениям устойчивого эколого-экономического развития и социально-экологической реабилитации предприятия. Построенную подсистему принятия решений на предприятии отличают: развитые аналитические функции, возможность управлять большими объемами данных, обеспечение прозрачности управления и обеспечения устойчивого функционирования природно-техногенной системы.

По реализации данного проекта предполагаются следующие результаты:

Провести моделирование имеющейся экологической ситуации с помощью сконструированной нейронной сети с помощью программы Matlab;

Провести автоматизацию сбора регламентированной части адресных планов и ее накопление на региональном уровне;

Предложить повышение качества и эффективности управления территориями на региональном и муниципальном уровнях за счет картографического районирования объектов.

О.С. Никульчева, С.Г. Тихомиров, Л.И. Назина

**СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ФОРМИРОВАНИЯ
И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА ВУЗА**

Одной из главных линий развития крупных компаний становится управление талантами и развитие человеческого капитала. Для работодателей всех уровней большое значение приобретает понимание конечным руководителем, какие задачи он может делегировать на каждого из сотрудников. Исследования проводились с целью подтверждения целесообразности применения разработанного ранее алгоритма и методики оценки профессиональных компетенций выпускников вуза. Применение данной методики позволяет выдавать рекомендации по дальнейшему трудоустройству выпускников в конкретных областях профессиональной деятельности. Для оценки качества подготовки выпускников работодателями был использован метод анкетирования. Анкета разработана на базе рекомендаций Национального аккредитационного агентства в сфере образования. Результаты тестирования группы выпускников, обучавшихся по одному направлению подготовки и трудоустроенные в определенной области профессиональной деятельности (производственно-технологической, научно-исследовательской, организационно-управленческой), показали, что работодатели оценили наиболее высоко именно тех специалистов, которые освоили компетенции, формирующие данную ОПД, наиболее глубоко. Т.е., имели высокий бал по дисциплинам, формирующим набор компетенций, а также высокую оценку за индивидуальные достижения (портфолио) по данной ОПД, следовательно, комплексная оценка по данной ОПД была либо отличной, либо близкой к ней. Выпускники, не проявившие себя во время обучения в конкретной области, не смогли набрать нужных баллов и у работодателей. На основе проведенных исследований получены следующие результаты: произведена экспериментальная проверка предложенного метода оценки формирования компетентности выпускника вуза на примере конкретной области профессиональной деятельности; построены эпюры, позволяющие выявить компетенции профессионального портрета специалиста, количественная оценка которых не соответствует установленным требованиям к качеству подготовки; произведен статистический анализ точности полученных результатов, позволяющий оценить их достоверность и однородность.

А.Е. Емельянов

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В СИСТЕМАХ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ

Основной проблемой системы управления с вероятностными каналами связи – это временная задержка при передаче пакетов данных по сетевому каналу. Задержки в сети носят вероятностный характер.

Следует отметить, что из-за ограниченной пропускной способности сети и большого количества пакетов данных, передаваемых по одной линии, некоторые пакеты могут быть потеряны во время передачи. Потеря пакетов данных в сетевых системах управления может привести к потере устойчивости рассматриваемой системы.

Анализ влияния объема буфера данных на качество управления в системах с сетевыми каналами связи осуществлялся методами компьютерного моделирования. Рассматривался сетевой канал имеется только между цифровым датчиком и дискретным регулятором. Предполагалось, что у датчика и регулятора объем буфера одинаков.

Результаты проведенного моделирования системы управления с сетевым каналом связи и со случайным запаздыванием, показали, что уменьшение объема буфера в сетевых элементах приводит в начале к улучшению переходных процессов. Однако при дальнейшем уменьшении объема, на качество управления начинает влиять эффект потери пакетов данных. Такое ухудшение может привести к неустойчивости системы управления. Для улучшения качества функционирования систем такого рода было предложено использовать упредитель Смита, в случае наличия буферов в сетевых устройствах. При отсутствии буферов в сетевых устройствах, для повышения качества управления предложено использовать эталонную модель объекта регулирования.

С.В. Рязанцев, И.А. Козенко, А.В. Иванов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ
МОДЕЛИ ОБЪЕКТА**

Разработка математической модели объекта – один из основных этапов расчета системы управления, в значительной степени определяющий ее качество. Решение данной задачи на основе идентификации требует постановки и проведения эксперимента, измерения и формирования базы экспериментальных значений, формирования структуры взаимосвязей входов и выходов, разработки модели каждого канала, проверки адекватности. Увеличение размерности (количества входов и выходов) объекта приводит к резкому росту количества выполняемых операций, объема вычислений и времени разработки модели.

Исходя из перечисленных причин, была поставлена задача разработки и исследования математического, алгоритмического и программного обеспечения автоматизированного формирования математической модели многомерного объекта управления.

Решение задачи включало автоматизированное выполнение следующих этапов:

- определение исходного установившегося состояния;
- формирование и изменение входного воздействия по заданному закону;
- измерение и регистрация экспериментальных значений;
- определение момента окончания переходного процесса;
- расчет порядков и коэффициентов моделей каналов;
- формирование структуры взаимосвязей входов и выходов.

Исходное и установившееся состояния распознаются по значениям первой и второй производных измеряемых сигналов. Структура взаимосвязей определяется по коэффициенту усиления и характеру переходных процессов. Проведенные вычислительные эксперименты подтвердили работоспособность предложенных алгоритмов и программного обеспечения.

С.С. Рылёв

ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННОЕ ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ НА МОБИЛЬНЫЕ СТАНЦИИ СВЯЗИ

В зависимости от своего местоположения мобильная станция осуществляет прием сигнала от базовой станции, с которой она устанавливает наилучшую связь или, если ближайшая станция перегружена, то сигнал принимает с другой БС, которая дает наиболее приемлемый сигнал. В таком варианте организации мобильной связи помехи или блокирование приемника МС могут возникнуть под воздействием сигнала передатчика БС другого оператора сети GSM или находящейся поблизости соседней БС своей сети GSM.

Для возникновения условия интермодуляции в приемнике сигнала мобильной станции требуется, чтобы на его вход поступало не менее двух создающих помехи сигналов, имеющих близкое частотное соотношение и необходимый для создания интермодуляционной помехи уровень сигнала. Особенно критичным, относительно возникновения интермодуляционных помех, является вариант достаточно близкого расположения мобильных станций от передатчика базовой станции сети другого оператора в рассматриваемом частотном диапазоне, и из-за этого минимально допустимое расстояния до базовой станции может достигать порядка 10 км. При формировании на одном пространстве нескольких сетей сотовой связи стандарта GSM возможно возникновение помех от передатчиков БС на приемники МС чужих сетей, которые будут приводить к блокированию сигнала и возникновению интермодуляционных помех. Каждая БС образует вокруг себя зону, с радиусом до 250 м, внутри которой мобильные станции других операторов GSM могут подвергаться воздействию интермодуляционных помех. Наличие и размеры такой зоны будут зависеть от значений частот, которые используются другим БС, расположенным на расстояниях до 15 км от рассматриваемой БС.

И.А. Хаустов, Р.А. Лыков, Р.А. Романов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПОЛИСТИРОЛА

Производство термоэластопластов энергоемкий и многостадийный процесс, который состоит из нескольких стадий. Полимеризация является основным этапом на котором происходит формирование качества полимера.

Полимеризация в основном проводится с применением периодической технологии в одном аппарате. Выделяют 3 основных последовательных. При математическом описании процесса синтеза термоэластопласта принят в этой связи блочный подход, который соответствует принятой используемой технологии получения, т. е. моделируются процессы получения каждого блока: 1-ый блок – инициирование активных центров полимеризации и полимеризация стирола – получение полистироллития; 2-ой блок – получение двухблочника – сополимеризация бутадиена; 3-ий блок – получение трехблочника – сополимеризация стирола (в случае получения линейного термоэластопласта) или сшивка двухблочника путем добавления сшивающего компонента (получение разветвленного термоэластопласта со звездообразной структурой молекулы).

Анализ механизма полимеризации при получении разветвленного бутадиен-стирольного термоэластопласта позволяет выделить следующие основные реакции: диссоциация, инициация, рост полимерных молекул. В работе рассматривается получение первого блока.

При моделировании фракционного состава полистирола приняты следующие допущения: 1). Время инициирования пренебрежимо мало в сравнении с временем полимеризации. 2). Реакция иницируется активными центрами катализатора, количество которых определяется дозировкой катализатора в заданном мольном соотношении к реагирующему компоненту для получения необходимого среднего молекулярного веса. 3). До момента начала полимеризации происходит дезактивация катализатора за счёт быстродействующих вредных микропримесей. Медленно действующие примеси не влияют. Отсутствует обрыв и передача цепи на мономер.

4). Реакция протекает по схеме $p_n + m = p_{n+1}$; 5. Количество активных молекул полимера соответствует количеству активных центров полимеризации.

Предположим, что вероятность того, что в интервале $(t, t+\Delta t)$ произойдет изменение состояния, т. е. $p_{n-1} \rightarrow p_n$ или $p_n \rightarrow p_{n+1}$ равна $k_s \Delta t$. Поскольку других переходов при линейном росте нет, то отсюда следует, что процесс можно описать системой дифференциальных уравнений

$$\frac{dp_n(t)}{dt} = -k_s * p_n(t) + k_s * p_{n-1}(t), n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Здесь изменение состояния p_n за время Δt происходит за счет перехода из p_n в p_{n+1} , а также из p_{n-1} в p_n . При $n=0$ $p_{-1}(t)=0$, тогда

$$\frac{dp_0(t)}{dt} = -k_s * p_0(t) \quad (2)$$

Эти уравнения определяют развитие процесса. Их следует решать при начальных условиях: $p_n(0)=1$ при $n=0$ и $p_n(0)=0$ при $n=1, 2, \dots$

Решение уравнения имеет вид:

$$p_0(t) = e^{-k_s t} \quad (3)$$

Подставляя при $n=1$ находим:

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = -k_s * p_1(t) + k_s * e^{-k_s t} \quad (4)$$

Решая получаем:

$$p_1(t) = k_s * t * e^{-k_s t} \quad (5)$$

Общая формула решения имеет вид:

$$p_n(t) = e^{-k_s t} * (k_s^n * \int_0^t p_{n-1}(\tau) * e^{-k_s \tau} d\tau + C_n) \quad (6)$$

где C_n – постоянная интегрирования.

В результате находим решение, для любого n :

$$p_n(t) = \frac{k_s^n * t^n}{n!} e^{-k_s t} \quad (7)$$

Полученное выражение является распределением Пуассона, которое определяет вероятность того, что в момент $t \geq 0$ система находится в состоянии n , ($n=1, 2, \dots$) или p_n определяет вероятность того, что за время t произойдет n изменений.

Аналогичные выражения для распределения концентраций полистирольных цепей можно получить, используя описание кинетики процесса. Основываясь на уравнении кинетики и кинетической схемы реакций и приведённых выше положениях о росте полимерных молекул можно записать математическое описание, характеризующее изменение концентраций полимерных фракций $P_n(t)$. При этом бесконечная система уравнений вида ограничивается рассмотрением N фракций полимера, т. е.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} P_0(t) = -k_s * m_s(t) * P_0(t); \\ \dots \\ \frac{d}{dt} P_n(t) = -k_s * m_s(t) * P_n(t) + k_s * m_s(t) * P_{n-1}(t); \\ \dots \\ \frac{d}{dt} P_N(t) = -k_s * m_s(t) * P_{N-1}(t) \end{array} \right. \quad (8)$$

По аналогии получим аналитическое решение:

$$P_n(X_s) = e^{\frac{-X_s m_{s0}/J_k}{J_k}} J_k (X_s m_{s0}/J_k)^n / n! \quad (9)$$

Полученное выражение позволяет определять фракционный состав полистирола при любых степенях превращения X_s , но применимо лишь для случая допущения, что процесс инициирования не учитывается.

М.А. Анкуда, И.О. Оробей, В.В. Сарака

ПЕРВИЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СПЕКТРОМЕТРА ЯМР ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Спектрометры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) широко применяются для определения состава и свойств нефтепродуктов. Наиболее критичным узлом радиоспектрометра является первичный преобразователь. Для использования в жестких условиях технологического процесса преобразователь должен обладать высокой помехоустойчивостью к электромагнитным и механическим воздействиям и малым энергопотреблением. Этим требованиям удовлетворяет первичный преобразователь на основе постоянных магнитов с ярмом броневого типа. Кроме того, для получения сигнала ЯМР поле в рабочем зазоре в месте расположения образца должно быть не менее 0,1 Тл с относительной неоднородностью не более 10^{-5} [1]. Схема преобразователя, удовлетворяющего перечисленным требованиям, представлена на рис. 1.

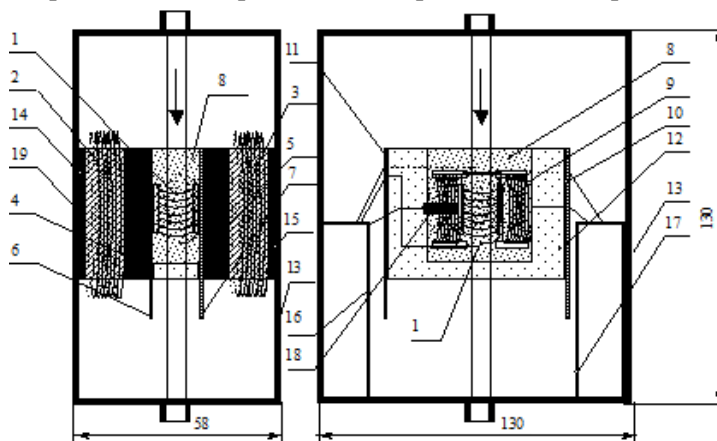


Рис. 1. Первичный преобразователь спектрометра ЯМР: 1 приемная катушка; 2, 3 катушки электромагнита; 4, 5 полюсные наконечники; 6, 7 токовые шиммы; 8 корпус кюветы из органического стекла; 9 катушка возбуждения; 10, 11 клемные колодки; 12 латунный корпус кюветы; 13 ярмо магнитной системы; 14, 15 ферромагнитные вставки; 16 приемный усилитель; 17 блок управления вектором намагниченности; 18 датчик Холла

Для получения первоначальной однородности магнитного поля отношение характерного размера полюсных наконечников (диаметра или стороны квадрата) к длине рабочего зазора должно быть не менее 5. По конструктивным соображениям необходима длина рабочего зазора 10 мм, поэтому габаритные размеры зазора выбраны равными 60×60×10 мм. Для создания магнитного поля применены два постоянных магнита из феррита стронция 27СА220 с размерами 60×60×15 мм. Расчет параметров магнитной системы проводился с целью получения максимальной индукции магнитного поля в центре рабочего зазора по методике, предложенной в [2].

Расчетное значение индукции составило 0,145 Тл для магнитной системы с ярмом броневого типа, имеющим габаритные размеры 130×130×58 мм.

По результатам расчета изготовлена магнитная система преобразователя. Толщина полюсных наконечников оптимизированной магнитной системы составляет 4,5 мм, что выравнивает неоднородность намагничивания постоянных магнитов. Ферромагнитные вставки обеспечивают получение оптимизированных размеров магнитной системы. Кроме концентрации магнитного потока магнитная система броневого типа обеспечивает также защиту от электромагнитных помех. Ярмо выполнено из пластин электротехнической стали толщиной 1,5 мм. В центре рабочего зазора получено пятно однородного поля 10×10 мм с индукцией 0,15 Тл, что хорошо согласовывается с расчетным значением. Топография магнитного поля в рабочем зазоре снималась при помощи датчика Холла.

Кювета с анализируемым образцом имеет Ø5 мм, длину 45 мм и проходит через пятно однородности. Радиочастотная часть спектрометра выполнена на основе скрещенных катушек Блоха, оси которых расположены под углом 90°. Рабочий объем кюветы с образцом находится в центре скрещенных катушек Блоха в пределах пятна однородности поля. Катушка возбуждения содержит 160 витков провода ПЭВ 0,2 мм и имеет индуктивность 134,5 мкН, сопротивление 9,8 Ом. Ее ось ортогональна оси кюветы с образцом. Приемная катушка содержит 100 витков ПЭВ 0,2 мм, имеет сопротивление 2,13 Ом, индуктивность 46 мкН. Она располагается соосно с кюветой.

Кювета с катушками Блоха монтируется на латунный корпус, имеющий плоскопараллельные рабочие поверхности, к которым прижимаются полюсные наконечники. Начальная однородность магнитного поля обеспечивается за счет параллельности плоскостей латунного корпуса. Окончательная юстировка поля осуществляется при помощи токовых шиммов, расположенных между полюсными наконечниками. Шиммы позволяют изменять градиент магнитного поля в двух ортогональных направлениях, что обеспечивает компенсацию остаточного или установку необходимого градиента при помощи управляемых источников постоянного тока. Конфигурация токовых шиммов заимствована из [3]. Катушки экранированы медной фольгой, присоединенной к корпусу.

Выводы катушек и шиммов присоединяются к платам с электронными компонентами, которые смонтированы внутри ярма магнитной системы, что позволило уменьшить паразитные емкости и микрофонный эффект. На платах расположены блок управления вектором ядерной намагниченности и приемный усилитель сигналов ЯМР.

Принципиальная схема приемного усилителя сигнала ЯМР состоит из параллельного контура, включающего приемную катушку L1, истокового повторителя на VT1, двух дифференциальных усилительных каскадов на VT2 – VT5, стабилизаторов напряжения $\pm 8,2$ В на VT6, VT7 и выходного эмиттерного повторителя на VT8. Настройка на резонансную частоту осуществляется изменением емкости конденсатора C1.

Испытания первичного преобразователя проводились на водопроводной воде, дизельном топливе и водных растворах парамагнитных солей. Частота принимаемого сигнала от протонов воды составляла 6,38 МГц, что соответствует гиромагнитному отношению для протонов 42,57 МГц / Тл.

Литература

1. Леше, А. Ядерная индукция: Пер. с нем. – М.: ИИЛ, 1963.
2. Постоянные магниты. Справочник/ Под ред. Пятин Ю.М. – М.: Энергия, 1980.
3. Borer, K., Fremont, G. Thenuclearmagneticresonancemagnetometer-type 9298 // CERN 77–19. Experimentalphysicsdivision. 26.10.1977.
4. Оробей, И.О. Первичный преобразователь импульсного ЯМР-спектрометра для систем управления / И.О. Оробей, В.В. Сарока // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2002. – Вып. X. – С. 136–138.

М.В. Клютко, Д.Е. Сидорчик, В.П. Кобринец

СОРТИРОВКА ОБЪЕКТОВ ПО ЦВЕТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Комплекс DobotMagician может управляться и программироваться с помощью пульта управления или от главного компьютера через программную среду DobotStudio.

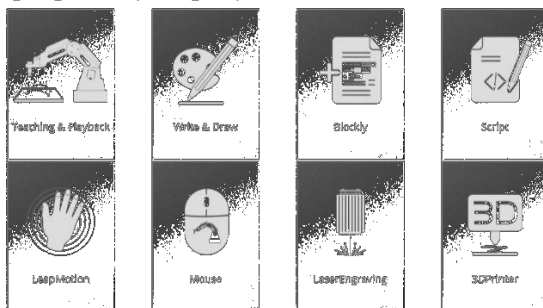


Рис. Функциональные возможности программно-аппаратного комплекса Dobot Magician

Комплекс DobotMagician программируется на языках: GoogleBlockly, Python, Java (Android), C/C++/C#, LabView и Objective-C (iOS, MacOS). [1]

С использованием программного обеспечения DobotStudio был реализован процесс сортировки объектов по цвету.

Ниже представлен script подпрограммы данного процесса на языке Python.

```
defrgb():  
    globalColorSensor_X, ColorSensor_Y, ColorSensor_Z, R, G, B, MAX, Place_X, PlacingInterval, Place_Y, Place_Z, RedCount, GreenCount, BlueCount  
    dType. SetPTPCmdEx(api, 0, ColorSensor_X, ColorSensor_Y, ColorSensor_Z, 0, 1)  
    dType. SetWAITCmdEx(api, 1, 1)  
    R = dType. GetColorSensorEx(api, 0)  
    G = dType. GetColorSensorEx(api, 1)  
    B = dType. GetColorSensorEx(api, 2)
```

```

MAX = max([R, G, B])
if MAX == R:
    print('Red')
    dType. SetPTPCmdEx(api, 0, (Place_X + PlacingIn-
interval), Place_Y, (Place_Z + RedCount), 0, 1)
    RedCount = RedCount + 25
elif MAX == G:
    print('Green')
    dType. SetPTPCmdEx(api, 0, Place_X, Place_Y,
(Place_Z + GreenCount), 0, 1)
    GreenCount = GreenCount + 25
else:
    print('Blue')
    dType. SetPTPCmdEx(api, 0, (Place_X - PlacingIn-
interval), Place_Y, (Place_Z + BlueCount), 0, 1)
    BlueCount = BlueCount + 25
    dType. SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 0, 1)
    dType. SetWAITCmdEx(api, 1, 1)
    STEP_PER_CRICLE = 360.0 / 1.8 * 10.0 * 16.0
    MM_PER_CRICLE = 3.1415926535898 * 36.0
    vel = float(50) * STEP_PER_CRICLE /
MM_PER_CRICLE
    dType. SetEMotorEx (api, 0, 1, int(vel), 1)

```

Литература

1. Dobot Magician. User Manual. – Shenzhen Yuejiang Technology Co., Ltd., 2018/2/9, v. 1.2.5, p. 138.

О.Г. Барашко, В.П. Кобринец, Н.П. Коровкина

СОСТАВ SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ УСТАНОВОК КОТЕЛЬНОГО ТИПА

SCADA-система установкой котельного типа управляет технологическим процессом в целом и выполняет задачу информационного обслуживания персонала, а ее структура является иерархической и распределенной. В ее составе средства, выполняющие функции отображения информации, ее архивирование и протоколирование, а также функции дистанционного управления контроллерами. Система строится по схеме клиент-серверной архитектуры и ее техническими средствами являются: сервер базы данных и тревог; автоматизированные рабочие места операторов; автоматизированное рабочее место инженера или начальника котельной; сервер точного времени; преобразователь интерфейса; маршрутизатор; источники бесперебойного питания. Для отображения данных функционируют автоматизированные рабочие места операторов и инженера (начальника котельной). Преимущество данной системы состоит в том, что все АРМ взаимозаменяемы и при выходе одного АРМ из строя его можно заменить другим. Для удобства операторов рекомендуется использовать дополнительное автоматизированное рабочее место с большой диагональю для отображения полной информации по котельной.

Результаты внедрения SCADA-системы котельной: централизованный учет потребления энергоресурсов – газа, тепла, воды, электроэнергии; обеспечение автоматизированного эффективного управления технологическими процессами в нормальных, переходных и предаварийных режимах работы; удаленная диагностика состояния оборудования.

В.Л. Алексеев, Д.А. Гринюк, Н.М. Олиферович

ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПНЕВМОЦИЛИНДРА С ЛЫЖЕЙ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ

Механические испытания являются неотъемлемой частью технологии производства многих деталей в различных отраслях промышленности, в том числе при разработке сложных композиционных изделий.

Одним из видов испытаний композиционных спортивных лыж, является тест на циклические нагрузки [1]. Первоначальным способом создания циклических нагрузок было использование двигателя с применением механической передачи с эксцентриком. Данный вариант характеризуется определенными сложностями, связанными с механикой. В качестве альтернативы был предложен вариант использования пневмоцилиндра с переключением посредством управляемого золотника. Динамическое взаимодействие пневмоцилиндра с упругой исследуемой структурой представляет собой сложный процесс. Это обусловлено анизотропией сил сопротивления композиционной конструкции в зависимости от направления воздействия. А также нелинейностью самой силы сопротивления конструкций тестируемой лыжи. Своей динамикой обладает непосредственно и сам пневмоцилиндр. При работе на частотах 1–3 Гц перераспределение воздушных потоков не происходит мгновенно, что приводит к нелинейному характеру воздействия силы на лыжу.

С целью оптимизации конструкции испытательного стенда, а также для получения дополнительной информации при проведении конструкторских разработок была произведена серия испытаний с контролем геометрических перемещений одной из точек конструкции при периодическом воздействии.

Технические средства испытательного стенда не позволяли получить требуемое быстрое действие. По этой причине, регистрация выходного сигнала датчика осуществлялась с помощью цифрового осциллографа. Данный подход показал высокую зашумленность (рис. 1).

Для сглаживания был применен подход, предложенный в [2–3], который основан на использовании покадровой аппроксимации методом наименьших квадратов и спектральный анализ (рис. 2).

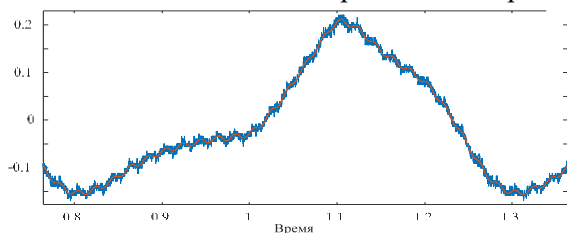


Рис. 1. Один такт исходного сигнала с измерительного преобразователя

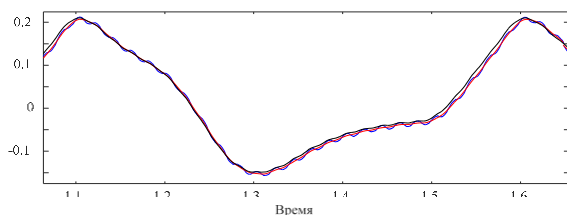


Рис. 2. Результаты сглаживания исходных трендов сигнала

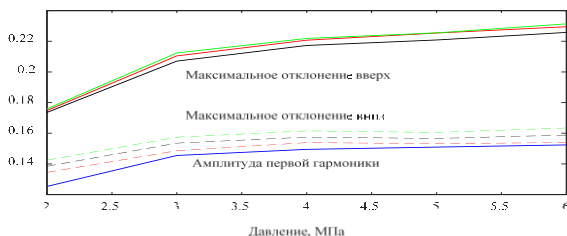


Рис. 3. Зависимость максимального отклонения вверх и вниз от давления в пневмоцилиндре при разных вариантах сглаживания

Одной из первостепенных задач выступала оптимизация потребления воздуха. В воздушном тракте присутствует саморегулятор, который формирует давление питания для пневмоцилиндра. Графики рис. 3 показывают, что повышение давления выше 3,5 МПа не является целесообразным.

Литература

1. Fadurdo Orellana, R. Experimental Methods to Measure Mechanical Properties of Cross Country Skis: Load-displacement and Contact Surface
2. Гринюк, Д.А. Использование алгоритмов аппроксимации для сглаживания трендов измерительных преобразователей // Труды БГТУ., 2017. № 2 (200). С. 82–87
3. D. Hryniuk Adaptive smoothing and filtering in transducers, 2016 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences, Vilnius, Lithuania, 2016, pp. 1–4, doi:10.1109/eStream39242.2016.7485917.

Д.А. Гринюк, И.Г. Сухорукова, И.О. Оробей

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С НЕСИММЕТРИЧНОЙ ДИНАМИКОЙ

Объекты управления в промышленности являются нелинейными. Однако чаще всего при решении задач управления используются приемы нахождения эквивалентных аппроксимаций для использования теории линейных систем управления. Очень часто такой подход является более чем рациональным. В тоже время, современные средства управления позволяют повысить качество регулирования и учитывать нелинейные особенности объектов. Зачастую, при широком диапазоне управляющих воздействий встречаются варианты объектов с несимметричной динамикой. К ним можно отнести системы стабилизации температуры, уровня, концентрации и т. д. Такие же особенности проявляются при изменении влияния силы тяжести при движении летательных аппаратов.

Настройка обычно происходит с позиции обеспечения робастности системы стабилизации. Это приводит к разному качеству переходных процессов в зависимости от изменения сигнала задания. Для исключения данного эффекта возможны различные подходы. Наиболее простым решением в задачах стабилизации является изменение настроек регулятора в зависимости от значения выходной переменной или направления ее изменения.

Рассмотрим апериодический объект второго порядка с переменными постоянными времени. Диапазон изменения постоянных времени 30–50 и 80–160. Коэффициент усиления постоянный. Структура объекта, результат моделирования и аппроксимация представлены на рис. 1–2. По полученным временным характеристикам была проведена идентификация постоянных времени методом наименьших квадратов. Вариации параметров передаточной функции оказалась достаточно существенной (Табл. 1).

Для настройки объекта управления был использован метод минимизации интегральных критериев. Работа ПИД-регулятора при оптимизированных интегральному критерию настройках представлена рис. 3.

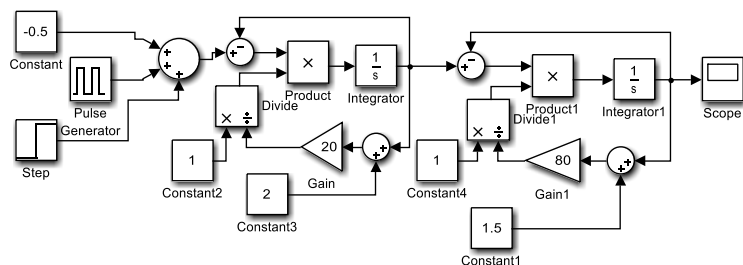


Рис. 1. Моделирование объекта с нелинейной динамикой

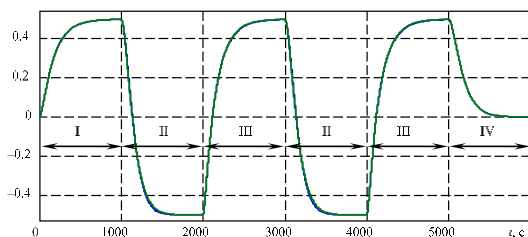


Рис. 2.
Переходные
характеристики
объекта и
результат
идентификации
звеном второго
порядка

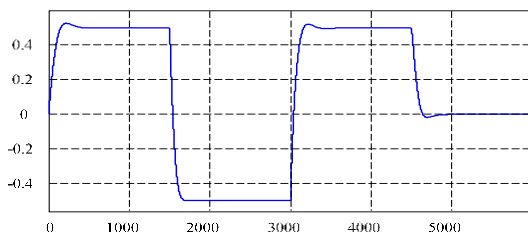


Рис. 3.
Переходные
процессы при
настройке
объекта по
интегральным
критериям

Табл. 1 Результаты идентификации

Параметры модели	Номер участка идентификации			
	I	II	III	IV
T_1	153,5	80,69	143,6	120,2
T_2	31,02	80,69	14,98	64,40

Для повышения качества управления объектов с подобными свойствами, рационально использовать ПИД регуляторы с изменяющимися коэффициентами, не только в зависимости от сигнала задания, реализовав например табличное управление, но и в зависимости от градиента управляющего воздействия на объект управления или направления изменения управляющего воздействия.

Д.С. Карпович, С.А. Овцов, А.Н. Шумский, Н.Н. Намозов

СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ШУМАМИ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Важную роль в функционировании современных систем управления играют каналы обратных связей, посредством которых сигнал с датчиков поступает на вход регулирующих блоков. Однако, как в процессе работы датчика, так и в процессе передачи информации к полезной составляющей сигнала добавляется шумовая составляющая, которая привносит погрешность в расчет управляющего воздействия на объект. Факт наличия зашумленного сигнала в информационных цепях особенно актуален для функционирования систем управления, в которых возмущающее воздействие на объект является динамичными, а инерционность объекта управления незначительны [1].

В современных системах управления для борьбы с шумами используются как аппаратные, так и программные фильтры, позволяющие снизить шумовую составляющую передаваемого сигнала. Однако использование таких фильтров при синтезе систем управления требуют дополнительной настройки фильтров, что усложняет алгоритм синтеза функционирующей системы управления. Использование законов регулирования, обеспечивающих одновременно с формированием управляющего воздействия на объект фильтрацию входного сигнала (или сигнала ошибки), для классической локальной системы управления в перспективе позволит повысить точность регулирования без существенного усложнения алгоритмов управления.

В настоящее время для управления процессами чаще всего используются непрерывные ПИ- или ПИД-законы управления. Использование этих законов позволяет добиться требуемого качества управления с использованием всего трех составляющих: пропорциональной (П), интегральной (И) и дифференциальной (Д). При этом существует большое количество методов расчета соответствующих составляющих [2].

Кроме рассмотренного выше ПИД-закона регулирования, в настоящее время все чаще начинают использоваться нечеткие (fuzzy) законы регулирования. Они являются более сложными с точки зрения настройки. Однако в случае присутствия существенной стохастики либо в сигналах, либо в модели объекта управления, использование нечетких регуляторов позволяет обеспечить более высокое качество управления по сравнению с классическими законами управления.

В связи с тем, что нечеткий регулятор представляет собой регулятор с изменяющимися коэффициентами усиления, т. е. по сути является нелинейной системой с переключающейся структурой, то использование нечеткого ПИ или ПИД-подобного регулятора позволит снизить влияние шума в цепи обратной связи на качество переходного процесса системы управления.

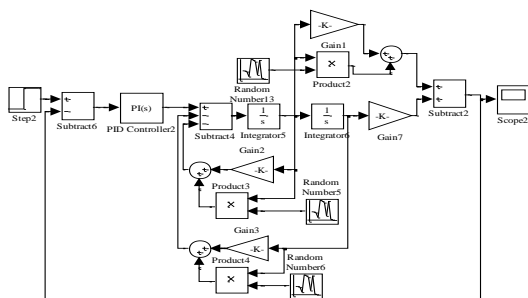


Рис. 1. Структура системы управления с классическим ПИ-регулятором

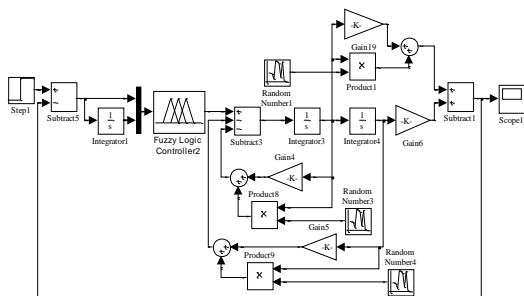


Рис. 2. Структура системы управления с ПИ-подобным регулятором, имеющим переменные коэффициенты, вычисляемые на основе нечеткой логики

На рисунках 1 и 2 представлены структурные схемы систем управления с классических ПИ-регулятором и ПИ-подобным нечетким регулятором коэффициенты которого динамически изменяются. Наличие шумов реализуются блоками «RandomNumber».

Результаты моделирования работы представленных на рисунках 1 и 2 систем управления приведены на рисунке 3.

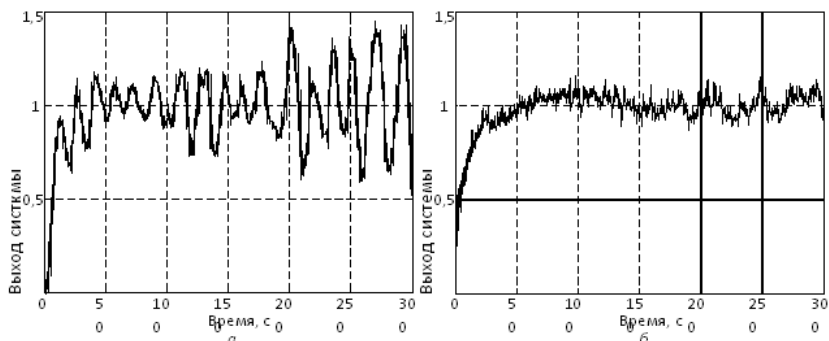


Рис. 3. График переходного процесса системы с ПИ-регулятором (а) и ПИ-подобным нечетким регулятором (б)

Как видно из графиков переходного процесса, представленного на рисунке 3, система управления с нечетким ПИ-подобным регулятором позволяет существенно снизить вариацию выходного сигнала в установившемся режиме, а также уменьшить колебательность переходного процесса системы. Сравнительный анализ рисунков 3а и 3б позволяет сделать вывод о том, что применение стандартных ПИ-подобных нечетких регуляторов, реализуемых с помощью стандартных библиотек программируемых логических контроллеров, позволит снизить разброс изменения выходного сигнала в 2–4 раза по сравнению с классическим ПИ-регулятором, сохраняя, если не уменьшая, время переходного процесса а также существенно подавить колебательность синтезируемого контура управления.

Литература

Shumski, A. The control law of an unmanned aerial vehicle during a flight along a route // 2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences, eStream 2018Vilnius, Lithuania

Карпович, Д.С. Система управления беспилотным летательным аппаратом с применением теории нечетких множеств // Труды БГТУ. № 6 (188). 2016. С. 110–117.

В.П. Кобринец, М.В. Клютко

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ

Оптимизация процесса ректификации в колонне К-102 должна обеспечить наивыгоднейшее значение определенного критерия – целевой функции – при заданных ограничениях.

Выбор целевой функции – один из наиболее ответственных этапов в формулировании задач оптимизации. Целевую функцию необходимо выбирать исходя из конкретных специфических условий. Например, при энергоемком производстве целевой функцией может быть минимальный расход энергии при соблюдении заданных ограничений; при производстве видов продукции, временно дефицитных, целевой функцией может быть максимальное количество продукции.

Если к нескольким показателям производства предъявляются противоречивые требования, то необходимо оценить степень важности этих показателей. В качестве целевой функции выбирается наиболее важный из них, а на все остальные показатели накладываются ограничения, т. е. достаточно, чтобы их численные значения не выходили из некоторого заданного диапазона.

Установка ЛК-6У № 2 обладает основными признаками сложной системы:

а) наличие подсистем с целевыми функциями, подчиненными общей целевой функции всей системы. Эффективность работы каждого технологического аппарата определяется его типом, основными показателями его работы. Оптимизация этих показателей должна решаться не самостоятельно, а по целевой функции, подчиненной задаче оптимизации старшей подсистемы. Каждый технологический аппарат установки, в том числе и колонну К-102, следует рассматривать как подсистему, имеющую свои целевые функции, подчиненные задаче оптимизации целевой функции установки, в которую они входят; б) большое число связей внутри каждой подсистемы и между подсистемами.

Для целей оптимизации необходимо собирать информацию о значениях многочисленных параметров, характеризующих состояние процесса.

Процесс первичной переработки нефти является головным в цепочке технологических процессов НПЗ и относится к числу сложных технологических процессов, характеризующихся непрерывностью протекания массообменных процессов, большим числом связанных между собой технологических параметров, большой единичной мощностью. Этим предопределяется целесообразность управления такого рода процессами с использованием математических методов и средств вычислительной техники.

Одной из важнейших задач в области нефтепереработки является более эффективное использование нефти для производства моторных топлив. В первую очередь это относится к более полному извлечению из нефти потенциала светлых нефтепродуктов. Возможный отбор суммы светлых нефтепродуктов зависит не только от качества нефти. Он является также функцией вырабатываемого ассортимента нефтепродуктов, так как для одновременного приготовления бензина, разных сортов бензина, разных сортов керосина и дизельных топлив, требуются одни и те же фракции нефти. Поэтому с увеличением или уменьшением отбора бензина, керосина, дизельного топлива зимнего соответственно уменьшается или увеличивается потенциал суммы светлых нефтепродуктов за счет возможного вовлечения в дизельное топливо летнего таких высококипящих фракций нефти, как 350–370°C.

Одним из решающих факторов для достижения этой цели является оптимальное управление процессом первичной переработки нефти в колонне К-102. Это вызвано повышенными требованиями к стабилизации качества получаемых в колонне фракций и качества нефтепродуктов, существенными изменениями качества подаваемого сырья на установку, необходимостью оперативного решения задач по управлению установкой при изменении плановых заданий на отборы нефтепродуктов.

В процессе эксплуатации объекта целевые функции могут изменяться в зависимости от изменяющейся постановки задачи оптимизации. При этом для разработки алгоритма оптимизации необходимо определять зависимость выбранной целевой функции от значений параметров процесса, возмущающих и управляющих воздействий и составлять программы расчета оптимальных значений режимных параметров процесса.

При ректификации многокомпонентной смеси возмущающими воздействиями являются расход F_p , состав x_p и энергетическое состояние сырья q , управляющими воздействиями являются расход пара V и отбор дистиллятов F_{n+1} .

Задача оптимизации многокомпонентной смеси может быть сформулирована в следующей форме. Необходимо определить управляющие воздействия F_{n+1}^* и V^* , минимизирующие целевую функцию Q , при производительности не ниже заданной, себестоимости проведения процесса не выше заданной и соблюдении ограничений по качеству продукции, гидродинамической обстановке на контактных устройствах и условиях физической реализуемости.

Запишем общую задачу оптимизации МКР:

$$\min Q(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) = Q(F_p, x_p, q, V^*, F_{n+1}^*) \quad (1)$$

$$V, F_{n+1} \in \mathcal{U}$$

при соблюдении ограничений

а) по качеству целевых продуктов

$$\left. \begin{array}{l} x_{n+1,j}^3 \leq x_{n+1,j}(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \\ \forall_j \in M_1 \\ x_{n+1,j}^3 \geq x_{n+1,j}(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \\ \forall_j \in M_2 \end{array} \right\} (2) \quad \left. \begin{array}{l} x_{0,j}^3 \geq x_{0,j}(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \\ \forall_j \in M_3 \\ x_{0,j}^3 \leq x_{0,j}(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \\ \forall_j \in M_4 \end{array} \right\} (3)$$

б) по гидродинамической обстановке на контактных устройствах и в) по производительности по целевым продуктам и затратам на их производство

$$V_{\max}(L) \leq V \leq V_{\min}(L) \quad (4) \quad F_{n+1}^3 \leq F_{n+1}(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \quad (5)$$

$$L_{\min} \leq L \leq L_{\max}$$

или

$$F_0^3 \leq F_0(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \quad (6) \quad c^3 \geq c(F_p, x_p, q, V, F_{n+1}) \quad (7)$$

г) по условиям физической реализуемости

$$\left. \begin{array}{l} 0 < F_{n+1} < F_p \\ F_p^{\min} \leq F_p \leq F_p^{\max} \\ 0 < x_{ij} < 1 \end{array} \right\} \quad (8)$$

Аналогично изложенному выше назовем область Y , где выполняются ограничения (8)–(9), допустимой, а $F_{n+1}^*, V^* \in \mathcal{U}$, которым соответствует экстремум целевой функции Q^* – оптимальными.

Постановка и решение некоторых типовых задач оптимизации установок нефтехимического комплекса заключается в следующем.

Задача I. При заданном векторе возмущающих воздействий (F_p, x_p, q) минимизировать энергозатраты на производство единицы целевого продукта (в рассматриваемом случае – дистиллята)

$$\min Q = \min_{V, F_{n+1} \in \mathcal{U}} \left[\frac{1}{F_{n+1}} (\beta_1 V + \beta_2) \right] = \frac{1}{F_{n+1}^*} (\beta_1 V^* + \beta_2) \quad (9)$$

при производительности не менее заданной, выполнении ограничений по концентрациям компонентов в продуктах, заданных неравенствами (4), (8), и условиям физической реализуемости (9).

Относительно множества допустимых значений управляющих воздействий \mathcal{U} предполагается (в задачах I и II), что оно не является пустым, т. е. допустимая область не является вырожденной, что проверяют при исследовании статической характеристики объекта.

Задача II. При заданном векторе возмущающих воздействий максимизировать производительность установки по выходу целевого продукта (здесь дистиллята) $\max_{V, F_{n+1} \in \mathcal{U}} F_{n+1} = F_{n+1}^*$ (10)

при себестоимости не выше заданной (8), выполнении ограничения по концентрации компонентов в продуктах и условий физической реализуемости.

Анализ известных систем управления процессом ППН показал, что используемые в них методы управления неэффективны при высокочастотных возмущениях по качеству нефти, так как используемые при этом модели и принципы управления ориентированы на восстановление кривой истинных температур кипения (НТК) нефти по результатам ректификации или при помощи лабораторного контроля. Для этого требуется не менее 5 ч, что приводит к снижению оперативности управления. При частых изменениях качества нефти это вызывает существенные потери светлых продуктов.

В рассматриваемой системе для обеспечения оперативности управления может быть предусмотрено восстановление кривой ИТК нефти по косвенным показателям (плотности d_4^{20} , температуре застывания t_3 , вязкости v_{20}).

Для установления зависимости между этими показателями и ИТК в условиях ОАО МНПЗ были использованы данные лабораторных анализов о процентах выкипания при различных температурах разгонки нефти.

После обработки данных с помощью аппарата множественной регрессии были получены уравнения регрессии, имеющие высокие коэффициенты множественной корреляции (в линейном варианте).

$$Y_1 = -1351.1709 + 1.6245X_1 - 1.0549X_2 - 0.8861X_3$$

$$Y_2 = -729.0468 + 0.8650X_1 - 0.0422X_2 - 0.0354X_3$$

$$Y_3 = 4160.2190 - 4.8101X_1 - 0.2532X_2 - 0.2127X_3$$

$$Y_4 = 13393.3431 - 15.5696X_1 + 0.7595X_2 - 0.8620X_3$$

Значения указанных косвенных показателей используются для расчета точек кривой ИТК нефти, при этом восстановление качества нефти требует не более 1 ч, что позволяет существенно улучшить оперативность управления. Расчетные точки кривой ИТК далее используются при идентификации структуры математических моделей процесса.

Таким образом, эквивалентная замена кривой ИТК нефти d_4^{20} , t_3 и v_{20} позволяет осуществлять оперативный контроль изменения качества сырья, а следовательно, повышать эффективность управления процессом ППН при высокочастотных возмущениях по качеству нефти.

Для идентификации параметров моделей процесса по данным пассивного эксперимента могут быть применены алгоритмы смещенного оценивания (СО), основной идеей которого является отказ от традиционного требования регрессионного анализа – требования несмещенности, т. е. для смещенных оценок $\hat{\beta}^* = \varphi(k, \beta)$ и $M(\hat{\beta}^*) \neq \beta$.

При этом $M(\hat{\beta}^* - \beta) \cdot (\hat{\beta}^* - \beta) < M(\hat{\beta} - \beta) \cdot (\hat{\beta} - \beta)$, где $\hat{\beta}$ – МНК-оценка; β – вектор истинных параметров регрессии; k – параметр деформации; M – символ математического ожидания. Это существенно уменьшает влияние коррелированности входов и повышает надежность идентификации параметров регрессионных моделей.

При решении задачи оптимизации учитываются обратные связи, возникающие при использовании подогрева нефти отводимыми потоками. Необходимость такого подхода обусловливается тем, что колебания температуры сырья на выходе теплообменников сильно влияют на режим работы колонны отбензинивания К-101 и сложной колонны К-102.

Основная задача сводится к максимизации отбора светлых продуктов и формулируется как $y = \sum_{i \in I_c} \left(\sum_{j=1}^{p_i} \beta_{ij} u_j + \sum_{j=1}^{q_i} \gamma_{ij} K_j \right) \rightarrow \max$ (11)

при $\underline{u}_j \leq u_j \leq \bar{u}_j, u_j \in \bar{P}_{am},$
 $\underline{Z}_s \leq Z_s(\bar{P}_{am}, \bar{K}_H) \leq \bar{Z}_s, S = \overline{1, k_c},$

где I_c – множество светлых продуктов (бензин, керосин и дизельное топливо); p_i и q_i – соответственно количество управляющих воздействий и показателей качества нефти в моделях; u_j – управляющие воздействия (температуры 1-го и 2-го перетоков из К-102 в стриппинги, температуры левого и правого потоков на выходе из печи П-101, температуры низа и верха К-102), на которые накладываются позиционные ограничения; K_j – показатели качества нефти; β_{ij} и γ_{ij} – коэффициенты регрессии; Z_s – показатели качества светлых продуктов (температуры начала и конца кипения, вспышки и застывания), которые имеют вид регрессионных моделей; \bar{P}_{am} – вектор режима атмосферной части установки ППН; \bar{K}_H – вектор показателей качества нефти; k_c – количество показателей качества светлых продуктов.

Благодаря использованию линейного описания процесса для решения задачи оптимизации оказалось возможным использовать метод линейного программирования (ЛП). Когда в модели, используемой в задаче оптимизации, имеется показатель качества нефти, его текущее значение умножается на соответствующий коэффициент и результат суммируется со свободным членом, т. е. корректируется свободный член модели: $\gamma_{oi}^* = K_j \gamma_{ij} + \gamma_{oi}$, где γ_{oi} – свободный член уравнения регрессии без учета качества нефти. Затем формируется массив ограничений и решается задача оптимизации.

**СЕКЦИЯ
РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ВЫСОКОРЕСУРСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ
С НИЗКОЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТЬЮ**

Руководитель профессор В.Г. Егоров

**М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, В.Г. Егоров, Е.В. Матвеева,
В.В. Найденко**

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНИКОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА И КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ

Использование трубопроводов из титановых сплавов и коррозионностойких сталей достаточно широко: машиностроение, авиастроение, ядерная энергетика, нефтехимическая промышленность, криогенная техника и другие области.

Но при изготовлении переходников данного типа трубопровода, возникает ряд технологических трудностей, связанных с химической активностью титана при высоких температурах, характером его взаимодействия с железом, в том числе ограниченная взаимная растворимость в твёрдом состоянии, наличие легкоплавкой эвтектики и ряда интерметаллидов создающих охрупченные слои.

Существующие технологии, в настоящее время, не обеспечивают выполнение требований, предъявляемых к данному типу трубопровода, существует необходимость создания технологии изготовления тонкостенных цилиндрических биметаллических переходников.

Для решения этой задачи разработана конструкция переходника из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т и титанового сплава ВТ1–0 и технологическая схема, состоящая из следующих основных этапов: подготовка и гибка заготовок из коррозионно-стойкой стали и титанового сплава; продольная сборка; ротационная раскатка, калибровка, установка саморазжимной цанги и диффузионная сварка.

Данная технология применима для изготовления широкого ряда биметаллических тонкостенных цилиндрических переходников из титанового сплава и коррозионно-стойкой стали поскольку временное сопротивление у получаемых соединений находится на достаточно высоком уровне и может быть применена для существенного снижения брака из-за предотвращения возникновения дефектов, возникающих при изготовлении данного типа изделий.

Л.Б. Лихачева, Б.Н. Квашнин, В.Б. Тригуб

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗНОСОСТОЙКОЙ НАПЛАВКОЙ

На сегодняшний день восстановление деталей является экономически оправданным и технически обоснованным, ресурс деталей после восстановления составляет более 60 % ресурса новых деталей, при этом себестоимость восстановления ремонтпригодных деталей не превышает 30 % цены новых, а расход материалов в разы ниже, чем на их изготовление.

Анализ современных способов наплавки применительно к упрочению тяжело нагруженных деталей из закаливающих сталей твердыми износостойкими сплавами показывает, что ни один из этих способов, не решает главной проблемы повышения эксплуатационной надежности наплавленных деталей и производительности процесса упрочения.

В рассматриваемой работе разработаны требования направленные на усовершенствование технологического процесса наплавки и выдвинуто предложение, что для повышения трещиностойкости наплавки наряду с производительностью процесса целесообразно осуществлять ее путем одновременного формирования аустенитного подслоя и износостойкого слоя, используя идею локального легирования и внутреннего стока тепла.

Проведенные исследования и анализ процесса ассимиляции присадки в сварочной ванне позволили прийти к заключению, что для обеспечения высокой износостойкости расплав ванны целесообразно легировать элементами, повышающими износостойкость, через электрод. Причем необходимо исключить плавление присадки в конвективных потоках ванны.

Исследование эксплуатационных характеристик комбинированного покрытия выполненной по действующей технологии, показывает значительное их повышение. Сопrotивляемость наплавленного металла ударным нагрузкам повысилась в два раза, а усталостная прочность наплавленных валов – в 1,3 раза.

Б.Н. Квашнин, Л.Б. Лихачева, В.Б. Тригуб
ФОРМИРОВАНИЕ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА СПЛАВАХ НИКЕЛЯ И ЖЕЛЕЗЕ

Авторами рассмотрена кинетика формирования центров кристаллизации на потенциальных зародышах которая позволит разработать технологию химического нанесения покрытий никель-бор различного функционального назначения для специальной техники.

Термодинамическим путем, исходя из теории зарождения новой фазы Гиббса-Фольмера, выведено кинетическое уравнение образования центров кристаллизации, обусловленного присутствием потенциальных зародышей:

$$\frac{dZ}{dt} = fZ_0 \exp \left[-\frac{16\pi\sigma^3 M^2}{3kT\rho^2 (\Delta\mu)^2} \right].$$

где Z – концентрация зародышей, м^{-3} , определяемая как отношение числа зародышей кристаллов к объему системы; t – время, с; σ – удельная поверхностная энергия, Дж/м²; M – молярная масса вещества, кг/моль; ρ – плотность кристаллической фазы, кг/м³; k – постоянная Больцмана, Дж/К.

Скорость вторичного зарождения центров кристаллизации пропорциональна площади поверхности образовавшейся новой фазы: $dZ_2/dt = k_2 A$, где $k_2 = k_2(T, \sigma, \Delta\mu)$ – коэффициент скорости вторичного образования центров кристаллизации, $\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$.

Объемная и поверхностная характеристические константы определяются на основе времени полного заполнения поверхностного слоя зародышами кристаллов борида. $\alpha' = 1,02\pi/\sqrt{3}\tau$, $\alpha = \pi/2\tau$.

При электролизном борировании железа экспериментальное значение времени полного заполнения поверхности металла зародышами борида составляет 180 с., поэтому объемная и поверхностная характеристические константы, равны: $\alpha = 8,7267 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $\alpha' = 0,010277 \text{ с}^{-1}$.

В.Б. Тригуб, Б.Н. Квашнин, Л.Б. Лихачева

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В настоящей работе исследована новая технология повышения износостойкости металлообрабатывающего инструмента плазмохимическим нанесением кремний содержащих покрытий. Разработаны физико-химические основы целенаправленного формирования слоев типа SiC в ВЧ индукционной плазме атмосферного давления.

Плазмохимическое нанесение износостойких покрытий вызывает изменение субструктуры приповерхностных слоев инструментальных материалов различных марок. Установлена зависимость структурно-чувствительных параметров поверхностного слоя материалов, коррелирующих с износостойкостью, от режимов нанесения покрытия. Суммарный эффект плазмохимического воздействия определяется механическими свойствами кремний содержащего покрытия, материалом инструментальной подложки, ее структурно-напряженным состоянием перед плазмохимической обработкой и условиями напыления [1]. Подбирая марку стали, режим предварительной объемной термической обработки и параметры процесса напыления, можно добиться стабильного уровня повышения износостойкости по сравнению со стандартной технологией в 1,5–2,5 раза.

Литература

1. Тригуб, В.Б. Повышение Функциональных характеристик инструментальных материалов плазмохимическим напылением [Текст] : монография . – Воронеж: Воронеж, гос. арх. строит, ун-т., 2005. 129 с.

М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, В.Г. Егоров

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ МЕТОДОМ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В состав конструкций входят элементы, расчетная схема которых представляет собой статически неопределимую балку. Для расчета таких балок применяются или метод сил или метод перемещений. Метод сил предусматривает понижение, а метод перемещений – повышение степени статической неопределимости. Для оценки прочности и жесткости балки нужно иметь эпюры изгибающего момента в балке и прогиба балки. Для построения эпюры прогиба нужно знать реакции всех опор. Указанные методы расчета позволяют получить эпюру момента без определения реакций опор. Реакции опор и прогиб балки могут быть найдены из дополнительных расчетов.

Проведенный анализ показал, что для расчета статически неопределимой балки можно использовать метод начальных параметров, предназначений для определения аналитической функции прогиба. Данный метод не требует изменения степени статической неопределимости. В уравнение прогиба по методу начальных параметров входят два неизвестных параметра: прогиб и угол поворота сечения в начале координат. Для их определения используются краевые условия, отражающие расположение опор. Допустим, что балка имеет три шарнирных опоры. Для определения пяти неизвестных (три реакции и два начальных параметра) можно составить пять уравнений: два уравнения равновесия и три кинематических уравнения, получаемых с использованием функции прогиба. После решения линейной системы пяти уравнений будут известны все реакции и начальные параметры. В результате будет определена аналитическая функция прогиба, что позволяет построить эпюру прогиба. Аналитическую зависимость для изгибающего момента можно найти в результате двукратного дифференцирования функции прогиба. Данный метод применим для балок с любой степенью неопределимости и удобен для выполнения расчетов и построения эпюр в MathCAD.

М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, В.Г. Егоров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЖНЕЙ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ДЛЯ МНОГООПОРНОГО СТЕРЖНЯ

При расчете на устойчивость многоопорного стержня большой гибкости необходимо использовать критическую продольную силу. Существующие приближенные методы расчета позволяют находить верхнюю оценку. Использование верхней оценки приводит к снижению запаса устойчивости. Поэтому расчет на устойчивость нужно выполнять с использованием нижней оценки.

Установлено, что нижнюю оценку можно получить из уравнения баланса работ внутренних и внешних сил с использованием двух приближенных функций прогиба. Предложена методика определения нижней оценки критической силы по кинематике деформирования:

1. задача решается в относительных координатах $0 \leq z \leq 1$. Для каждого пролета стержня задаются функции прогиба $y(z)$, согласованные на границах пролетов по первым трем производным.

2. из уравнения устойчивости определяются функции прогиба $f y(z)$, где f – сжимающая сила. На границах пролетов эти функции согласованы по первым двум производным.

3. по функциям $y(z)$ из уравнения баланса работ вычисляется верхняя оценка критической силы F .

4. определяется, при каком значении f выполняется уравнение баланса работ, если момент и силу в уравнении определять по функции $y(z)$, а деформации и перемещения – по функции $v(z)$. Так как напряженное состояние для функций $y(z)$ не уравновешено, то уравнение баланса работ будет выполняться при значении f , меньшем точного значения критической силы.

Результаты расчетов для стержней, имеющих три и четыре опоры с известными точными решениями, показали, что данная методика позволяет получать нижнюю оценку критической силы, причем погрешность определения нижней силы меньше, чем погрешность определения верхней силы.

**М.А. Акенченко, Е.В. Литвинов, С.А. Елфимов, Е.В.
Матвеева**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СУШКИ, КАК ОСНОВА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Сушка является одним из самых энергоемких процессов пищевой технологии, во многом определяющей качество готового продукта. Поэтому математическое моделирование процесса сушки – необходимое условие для оптимизации технологии сушильного процесса и обеспечения надлежащего качества продукта, сокращения продолжительности процесса, экономии энергетических и материальных ресурсов, улучшения экологических условий производства.

С нашей точки зрения перспективным в этом направлении является физико-химический подход, основанный на представлении сушки как квазитопохимической гетерогенной реакции, в которой в результате физико-химических и фазовых превращений из исходного продукта образуется сухой остаток и парообразная фаза, перешедшая в сушильный агент. Такое представление сушки позволяет применить к математическому моделированию законы кинетики топахимических реакций гетерогенных процессов, прежде всего, два фундаментальных положения формальной химической кинетики: закон действующих масс и кинетическое уравнение Аррениуса. В этом случае скорость процесса сушки можно выразить уравнением: $\partial\alpha/\partial\tau = f(\alpha) \cdot A \cdot \exp(-E/RT)$.

Основное преимущество такого подхода заключается в установлении явного вида уравнения скорости сушки, которое не требует сложных математических вычислений при практическом применении в инженерных расчетах. Достоинством указанного подхода является возможность применения современных высокоточных приборов термического анализа для численного определения характеристик процесса, что обеспечивает надежность полученных математических моделей.

Е.В. Литвинов, Е.В. Матвеева, В.Ю. Кустов, Е.Д. Чертов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРГАНИВ ДЕЗИНТЕГРАТОРА НА СТЕПЕНЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

Измельчение материала в дезинтеграторе происходит за счет сил, возникающих при столкновении частиц друг с другом и с рабочими элементами дезинтегратора. При неоднократном столкновении стержней с частицами измельчаемого материала происходит изнашивание данных элементов. На процесс износа влияют механические характеристики материала рабочих элементов и частиц измельчаемого материала, а также их скорость столкновения. В качестве измельчаемого материала использовали песок класса I средней крупности, ГОСТ 8736–2014. При определении гранулометрического состава применяли ситовой метод. Просеивание осуществляли через шелковые сита ГОСТ 4403–91. При определении степени износа рабочих элементов их одновременно с отбором проб извлекали из рабочего диска дезинтегратора и взвешивали. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение гранулометрического состава измельченного песка в зависимости от износа рабочих элементов дезинтегратора

Масса измел. песка, кг	Коэф. износа C_w	Содержание фракции, %				
		>0.28 мм	0.22– 0.28 мм	0.15– 0.22 мм	0.12– 0.15 мм	<0.12 мм
5	0.08	0.3	5.6	12.7	19.8	61.6
10	0.19	0.5	6.5	14.3	20.2	58.5
20	0.31	1.6	7.7	17.1	21.1	52.5
30	0.38	2.8	9.4	19.6	21.9	46.3
40	0.42	5.3	12.7	21.2	21.6	39.2
50	0.44	6.7	13.2	22.0	21.7	36.4

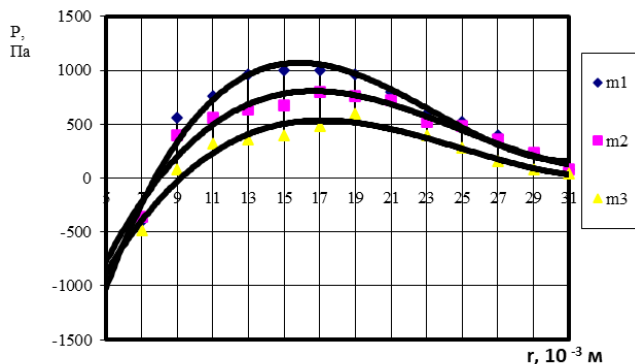
Анализ полученных результатов свидетельствует о существенном изменении гранулометрического состава измельченного материала при износе рабочих элементов. Так при 45 % износа рабочих элементов содержание фракции с размером частиц менее 0.15 мм уменьшается примерно в 1.5 раза.

С.А. Елфимов, Е.В. Литвинов, А.М. Акенченко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКЕ СТРУЙНОГО ЗАХВАТА

При истечении воздуха из отверстия в зазор между нижним торцом струйного захвата и удерживаемым изделием возникает эффект падения давления ниже атмосферного. Этот эффект объясняется влиянием инерционных сил на скорость течения воздуха вблизи отверстия при определённом сочетании параметров воздуха и системы изделие-сопло.

С целью определения распределения давления в газовой прослойке системы «захват – изделие» была проведена серия экспериментальных исследований на оригинальной установке. По результатам этих экспериментов получена графическую зависимость $P = f(r)$, где r – радиальное расстояние датчиков давления относительно центрального отверстия.



А.В. Буданов, Г.И. Котов, Ю.Н. Власов

**СУЛЬФИДЫ CdS , ZnS , Cu_2S , SnS , $\text{Cu}_{2-x}\text{SnS}_3$ И Cu_2SnS_3
В ТОНКОПЛЁНЧНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**

Тонкоплёночная технология прямозонных полупроводниковых материалов востребована в настоящее время в производстве фотоэлектрических преобразователей. Отказ от токсичных арсенидов редкоземельных элементов высокой себестоимости определил интерес учёных по всему миру к сульфидам меди, олова и цинка. На кафедре физики, теплотехники и теплоэнергетики ведутся фундаментальные исследования в направлении создания тонких плёнок халькогенидов, пригодных для использования в качестве фоточувствительных, буферных и проводящих слоёв солнечных элементов.

Разработаны способы формирования однородных по фазовому составу плёнок сульфидов методом «горячей стенки» в условиях камеры квазизамкнутого объёма. Соединения CdS и ZnS n-типа электрической проводимости использованы в качестве гетеропары перспективному трёхкомпонентному полупроводниковому соединению p-типа проводимости $\text{Cu}_{2-x}\text{SnS}_3$, которое предполагается использовать в качестве фотоактивного слоя солнечного элемента. Соединение SnS наносится на гибкую металлическую подложку из Mo в качестве буферного слоя для увеличения качества приборных слоёв из других материалов. Благодаря высокой концентрации дырок в вырожденном полупроводнике Cu_2S , его можно использовать в технологии солнечных элементов в качестве токопроводящего материала.

Ю.Н. Власов, Е.А. Татохин, Ю.В. Сыноров

**АНАЛИЗ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕЛАКСАЦИЙ ЁМКОСТИ
ДИОДОВ ШОТТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКИХ
УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ
В ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЕ ПОЛУПРОВОДНИКА**

Естественные дефекты кристалла и примеси определяют свойства полупроводниковых материалов, поэтому необходимо контролировать их концентрацию и параметры соответствующих им глубоких уровней (ГУ) в запрещённой зоне полупроводника. Исследование изотермических релаксаций ёмкости диодных структур позволяет решить эту задачу. Релаксация ёмкости подчиняется экспоненциальному закону с характерным временем релаксации, которое зависит от концентрации, энергии активации ГУ, его сечения захвата носителя заряда. В кристалле может содержаться множество различных дефектов и соответствующих им ГУ. Поэтому возникает многопараметрическая задача, которая может быть эффективно решена с привлечением нейросетевых алгоритмов. В данной работе исследовалась возможность определения параметров ГУ при аппроксимации экспериментальной зависимости электроёмкости диодной структуры как функции времени релаксации и температуры измерения при эмиссии носителей заряда с ГУ. Каждому нейрону сети ставится в соответствие ГУ и эмиссия с него учитывается вкладом в суммарную эмиссию, которая определяет в конечном итоге ход релаксации ёмкости.

С.А. Титов, Д.С. Сайко

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ИСПАРЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ РАСТВОРОВ ПИЩЕВЫХ САХАРОВ

Одной из важных проблем физической химии является изучение фазовых переходов, например испарение. Его можно рассматривать как перенос влаги из жидкой в газовую фазу. Этот процесс, кроме чисто теоретического, имеет и большое практическое значение. Процессы переноса влаги, и, в частности, испарение играют огромную роль, например в пищевом производстве. Однако в отличие от многих других случаев влагопереноса, в пищевой технологии часто идёт перенос влаги в системах, содержащих не только свободную, но и так называемую связанную воду, то есть воду, присутствующую в гидратных оболочках молекул пищевых материалов. Например, производительность мембранных технологических процессов, сопровождающихся образованием поляризационных слоёв на границе мембран, напрямую зависит от их реологических характеристик (вязкость, предельное напряжение сдвига) которые в свою очередь, зависят от гидратации этих частиц. Сушка пищевых систем на определённом этапе обезвоживания сильно замедляется, что определяется особенностями влагопереноса в материалах, содержащих связанную воду.

Разработана физико-математическая модель, связывающая массу испаренной влаги за единицу времени с температурой и энергией связи влаги. Модель базируется на вакансионном механизме перемещения влаги и использует вероятностный подход к процессу движения молекул воды по вакансиям в гидратной оболочке молекул сахара. Расчетные характеристики сравниваются с измеренными методом изотермической термогравиметрии. Для определения концентрации, при которой вся влага входит в первую гидратную оболочку молекулы сахара, используется метод низкотемпературной дифференциальной сканирующей калориметрии.

С.В. Лавров, А.М. Барбашин, С.А. Никель

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Рассматривается принцип действия тепловых насосов, возможность и рациональность их использования в системах теплоснабжения субъектов РФ

Потребляя 1 кВт электричества, тепловой насос отдаёт в систему теплоснабжения приблизительно 5 кВт тепловой энергии, что делает систему очень эффективной. Более того, данная установка в жаркое время года способна охлаждать воздух в здании, передавая тепло из помещений хладагенту и выводя его наружу, т. е. работать по принципу кондиционера.

Несомненным преимуществом систем с тепловыми насосами является их экологичность и безопасность, ведь принцип работы данного оборудования не предусматривает выбросов в атмосферу таких вредных соединений, как CO, CO₂, SO₂, NO₂ и др.

Однако существует ряд ограничений по внедрению таких систем: 1. Существенные капиталовложения. 2. Для реализации энергосберегающего потенциала теплового насоса возникает необходимость использовать его совместно с низкотемпературными системами отопления. 3. Зависимость экономической эффективности применения таких систем на цели теплоснабжения от климатических условий региона в целом. Потенциал природных источников тепла для южных регионов значительно больше, чем для северных. 4. Потребление тепловой энергии к концу отопительного сезона вызывает понижение температуры грунта, которое в климатических условиях большей части территории России не успевает компенсироваться в летний период и к началу следующего отопительного сезона грунт выходит с пониженным температурным потенциалом.

С учетом этих ограничивающих факторов и с учётом темпов малоэтажного строительства в субъектах РФ и ростом тарифов на электроэнергию и газ, использование тепловых насосов для нужд теплоснабжения полностью оправдывает себя.

Содержание

СЕКЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.Т. Антипов

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИКИ БУДУЩЕГО ПИЩЕВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ: МАШИН, АППАРАТОВ И БИОРЕАКТОРОВ5

С.В. Шахов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КАВИТАЦИОННО-ОЗОННОЙ БАРОМЕМБРАННОЙ
ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....7

А.И. Ключников, А.И. Потапов

АКУСТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ
НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ8

А.В. Журавлев, А.В. Прибытко

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СУШКИ
ДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

А.В. Дранников

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО СПОСОБА И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ СУШКИ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ ПЕКТИНА.....11

В.В. Пойманов

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВАКУУМ-СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПРИ
КОНСТРУИРОВАНИИ АППАРАТОВ12

В.Ю. Овсянников, С.А. Трунов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗРАСТАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СМЕСИ РАСТИТЕЛЬНОГО
МАСЛА И ЖМЫХА ВЫСУШЕННЫХ ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ В ПОЛЕ СВЧ.....13

С.А. Назаров

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПУТЕМ НАЛОЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СЛОЙ
ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА14

А.В. Дранников, А.Н. Рязанов

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ МИКРО-ВОДОРОСЛЕЙ
ИММУНОСТИМУЛИРУЮЩЕГО И ПРЕБИОТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ
ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ15

А.Н. Рязанов

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
ЗЕРНА АМАРАНТА16

В.Н. Шаршов, Е.В. Литвинов, К.В. Харченков

РАЗРАБОТКА СПОСОБА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХОГО
КАЗЕИНА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.....17

В.Ю. Овсянников

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ
В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ БИНАРНОГО ЛЬДА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ.....18

А.А. Берестовой, И.С. Юрова, А.Н. Мартеха РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЕЗОДОРАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НЕКОНДЕНСИРУЕМЫМ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ.....	19
А.Н. Остриков, В.А. Афанасьев, И.С. Богомолов ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ НА ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ ГРАНУЛЫ АКВАКОРМОВ.....	20
С.Н. Зобова, А.Н. Остриков СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШЕНОГО СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА МЕТОДОМ ДВУХКРАТНОГО ПРЕССОВАНИЯ	23
К.А. Сизиков, Л.Н. Фролова, В.Н. Василенко РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ КРС	26
Л.Н. Фролова, И.В. Драган, Н.А. Михайлова РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ.....	27
Е.Ю. Желтоухова, И.Н. Болгова, И.С. Наумченко РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ТВЕРДОГО ТУАЛЕТНОГО МЫЛА С АНТИСЕПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	28
А.А. Шевцов, Н.А. Сердюкова, К.В. Орешин ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ РЕАКТОРА ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ	29
А.А. Шевцов, С.С. Куликов ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ КРИВЫХ КИНЕТИКИ СУШКИ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ	32
М.В. Копылов, И.Н. Болгова, И.С. Наумченко УНИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАСЛОПРЕССУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ.....	35
А.Н. Остриков, М.В. Копылов, Н.Л. Клейменова РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА РАЗЛИЧНЫЕ ГРУППЫ НАСЕЛЕНИЯ.....	36
В.А. Афанасьев, И.С. Богомолов, П.В. Филиппов ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ- КОНЦЕНТРАТОВ ДЛЯ ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ	37
Г.В. Калашников ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕНТОЧНОЙ СУШИЛКИ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ.....	39
В.В. Торопцев ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СОКА ИЗ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	40
С.Ю. Никитина, Э. Дзерелис, Д.В. Пыльный СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПИЩЕВОГО ЭТАНОЛА.....	41
С.Ю. Никитина, А.Н. Шорников, С.В. Шахов СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ПОБОЧНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СПИРТА	43

СЕКЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ИНФОРМАЦИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

М.В. Половинкина О РАЗЛИЧИИ ХАРАКТЕРА УСТОЙЧИВОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ И ДИФфуЗИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ	46
А.Д. Чернышов, С.Ф. Кузнецов, О.Ю. Никифорова НЕКОТОРЫЕ ЧАСТНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПРОГИБА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ МЕМБРАНЫ.....	47
Д.В. Арапов, С.А. Скоробогатов РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С ГРЫЖАМИ ЖИВОТА ...	50
Д.В. Арапов, М.А. Зайцева МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕСНЕННОСТИ НА РОСТ КРИСТАЛЛОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ САХАРНЫХ РАСТВОРАХ	51
Л.А. Коробова, С.Н. Черняева, И.Е. Медведкова РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕЖЕСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	52
С.Н. Черняева, И.С. Толстова, Е.В. Мухина АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК	53
Т.В. Гладких НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ «1С»-МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	54
Б.Е. Никитин, М.Н. Ивлиев, И.А. Ворона ОБ АГРЕГАТОРЕ НЕЗАВИСИМОЙ ОЦЕНКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ	55
Ю.В. Бугаев, Л.А. Коробова, С.В. Гудков СВЕДЕНИЕ ЗАДАЧИ РАЗВОЗКИ ГРУЗОВ К ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ УПАКОВКИ В КОНТЕЙНЕРЫ	56
А.Д. Чернышов, Д.С. Сайко, О.Ю. Никифорова БЫСТРЫЕ РАЗЛОЖЕНИЯ РАЗРЫВНЫХ ФУНКЦИЙ	60
М.И. Попов УСКОРЕНИЕ СХОДИМОСТИ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ	62
А.В. Скрышников, В.В. Денисенко РЕЛЕВАНТНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	65
Е.А. Бородин ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ГИДРОДИНАМИКИ	66
Ю.В. Бугаев, С.В. Чикун О ЗАДАЧЕ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ В ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРАФАХ	67
Н.В. Даценко СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ В СДО MOODLE НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ВЗВЕШЕННОЙ ОЦЕНКИ	68
Е.Н. Ковалева, И.Е. Медведкова МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ..	69

В.А. Хвостов ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЗИ «СТРАЖ NT 3.0»	
Е.А. Хромых, Е.А. Балашова	71
СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СКЛАДА ПРОДУКЦИИ	
А.В. Скрышников, И.А. Саранов	72
ТЕНДЕНЦИИ КИБЕР-УГРОЗ 2020 ГОДА	
А.В. Скрышников, Е.В. Чернышова	73
РАЗВЕРТЫВАНИЕ СЕТЕВОЙ IDS	
А.В. Скрышников, Е.В. Чернышова	74
АНАЛИЗ УГРОЗ ИБ ПРЕДПРИЯТИЯ В СЕТЕВОЙ СРЕДЕ	
А.В. Скрышников, Е.В. Чернышова	76
ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА СЕТЕВЫХ УГРОЗ НА ПРЕДПРИЯТИИ	
А.В. Скрышников, Е.В. Чернышова	78
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ Smurf-АТАК	
С.В. Белокуров, О.А. Кондратов МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ.....	80
И.А. Высоцкая СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК	85
И.А. Высоцкая АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВТОРЖЕНИЙ	86
И.А. Высоцкая ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ УДАЛЕННОЙ РАБОТЫ	87
А.В. Скрышников, В.В. Денисенко, И.И. Савченко СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ OPEN SOURCE БЕЗОПАСНОСТИ	88
А.В. Скрышников, В.В. Денисенко, И.И. Савченко ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ОТ DOS-АТАК.....	89
А.В. Скрышников, В.В. Денисенко, К.С. Евтеева ПЕРЕХОД ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К КИБЕРУСТОЙЧИВОСТИ.....	90
А.В. Скрышников, Д.В. Арапов, В.В. Денисенко ПРОГРАММНЫЙ ИМИТАТОРСЕТЕЙ ETHERNET	91
А.В. Скрышников, Д.В. Арапов, М.А. Зайцева ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОММУТОРА СЕТИ ETHERNET.....	92
Ю.П. Барметов ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	93
С.Г. Тихомиров, А.А. Маслов, Е.В. Линцова ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	94
А.Н. Гаврилов ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕЛЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ	95

В.С. Кудряшов, А.В. Иванов, М.В. Алексеев ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ЭТИЛБЕНЗОЛА ПО ВВОДУ ПИТАНИЯ В КОЛОННУ	96
И.А. Авцинов, Н.В. Суханова, Д.Ю. Маликов ТЕХНИЧЕСКИЕ ПНЕВМОСИСТЕМЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ С ЗАДАНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	98
И.А. Хаустов, Е.Н. Ковалева ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ	99
О.С. Никульчева, С.Г. Тихомиров, Л.И. Назина СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА ВУЗА	100
А.Е. Емельянов ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В СИСТЕМАХ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ КАНАЛАМИ СВЯЗИ.....	101
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА	102
С.С. Рылёв ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННОЕ ВЛИЯНИЕ ПОМЕХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ НА МОБИЛЬНЫЕ СТАНЦИИ СВЯЗИ.....	103
И.А. Хаустов, Р.А. Лыков, Р.А. Романов МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПОЛИСТИРОЛА	104
М.А. Анкуда, И.О. Оробей, В.В. Сарока ПЕРВИЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СПЕКТРОМЕТРА ЯМР ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ	107
М.В. Клютко, Д.Е. Сидорчик, В.П. Кобринец СОРТИРОВКА ОБЪЕКТОВ ПО ЦВЕТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ.....	110
О.Г. Барашко, В.П. Кобринец, Н.П. Коровкина СОСТАВ SCADA-СИСТЕМЫ ДЛЯ УСТАНОВОК КОТЕЛЬНОГО ТИПА	112
В.Л. Алексеев, Д.А. Гринюк, Н.М. Олиферович ДИНАМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПНЕВМОЦИЛИНДРА С ЛЫЖЕЙ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ	113
Д.А. Гринюк, И.Г. Сухорукова, И.О. Оробей УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С НЕСИММЕТРИЧНОЙ ДИНАМИКОЙ.....	115
Д.С. Карпович, С.А. Овцов, А.Н. Шумский, Н.Н. Намозов СИНТЕЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ШУМАМИ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ	117
В.П. Кобринец, М.В. Клютко СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ	120

СЕКЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОРЕСУРСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВКИ С НИЗКОЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТЬЮ

М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, В.Г. Егоров, Е.В. Матвеева, В.В. Найденко СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНИКОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА И КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ.....	129
Л.Б. Лихачева, Б.Н. Квашнин, В.Б. Тригуб ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗНОСОСТОЙКОЙ НАПЛАВКОЙ.....	130
Б.Н. Квашнин, Л.Б. Лихачева, В.Б. Тригуб ФОРМИРОВАНИЕ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СПЛАВАХ НИКЕЛЯ И ЖЕЛЕЗЕ	131
В.Б. Тригуб, Б.Н. Квашнин, Л.Б. Лихачева ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	132
М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, В.Г. Егоров РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ МЕТОДОМ НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ	133
М.А. Васечкин, О.Ю. Давыдов, В.Г. Егоров ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЖНЕЙ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ДЛЯ МНОГООПОРНОГО СТЕРЖНЯ.....	134
М.А. Акенченко, Е.В. Литвинов, С.А. Елфимов, Е.В. Матвеева СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СУШКИ, КАК ОСНОВА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ	135
Е.В. Литвинов, Е.В. Матвеева, В.Ю. Кустов, Е.Д. Чертов ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРГАНИВ ДЕЗИНТЕГРАТОРА НА СТЕПЕНЬ ИЗМЕЬЧЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА	136
С.А. Елфимов, Е.В. Литвинов, А.М. Акенченко ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ГАЗОВОЙ ПРОСЛОЙКЕ СТРУЙНОГО ЗАХВАТА	137
А.В. Буданов, Г.И. Котов, Ю.Н. Власов СУЛЬФИДЫ CDS , ZNS , CU_2S , SNS , $CU_{2,x}SNS_3$ И CU_2SNS_3 В ТОНКОПЛЁНОЧНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	138
Ю.Н. Власов, Е.А. Татохин, Ю.В. Сыноров АНАЛИЗ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕЛАКСАЦИЙ ЁМКОСТИ ДИОДОВ ШОТТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБОКИХ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ В ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЕ ПОЛУПРОВОДНИКА.....	139
С.А. Титов, Д.С. Сайко ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ИСПАРЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ РАСТВОРОВ ПИЩЕВЫХ САХАРОВ	140
С.В. Лавров, А.М. Барбашин, С.А. Никель ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	141

Научное издание

**МАТЕРИАЛЫ LIX ОТЧЕТНОЙ НАУЧНОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И НАУЧНЫХ
СОТРУДНИКОВ ВГУИТ ЗА 2020 ГОД**

Часть 2

Подписано в печать 19.03.2021. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 7. Тираж 100 экз. Заказ 134.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)

Отдел полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Адрес университета и отдела полиграфии:

394036, Воронеж, пр. Революции, 19