

ПРЕДИСЛОВИЕ

Техника и технология в современном обществе занимают важнейшее место. С развитием вычислительной техники все важнее становится роль компьютерного моделирования в решении прикладных и научных задач. При этом выбор языка программирования оказывает огромное влияние на реализацию полученной модели. Одним из важнейших показателей, определяющих спрос на проектируемый объект, является его качество. Обеспечение необходимого качества возможно при удовлетворении эксплуатационных требований, предъявляемых к деталям машин. Также большую роль в современных условиях играет совершенствование производства сельскохозяйственной продукции и автоматизация производства. Продолжают быть актуальными проблемы физики, информатики, математики, качества подготовки специалистов инженерного профиля.

В данном сборнике публикуются материалы IV Международной научно-практической конференции инженерного факультета «Техника и технологии: инновации и качество».

Тематика конференции включает следующие направления:

1. Компьютерное моделирование производственных процессов. Разработка автоматизированных систем учета, анализа, распознавания и защиты информации.
2. Современные технологии обработки и упрочнения деталей машин.
3. Актуальные проблемы математики, физики и информатики. Обеспечение качества подготовки специалистов инженерного профиля.
4. Тенденции развития техники и автоматизации производства.
5. Адаптивные подходы к совершенствованию производства сельскохозяйственной продукции.

Основными задачами конференции являются обмен опытом и мнениями по тематике направлений; повышение качества международного сотрудничества университета; создание оптимальных условий для профессионального общения преподавателей, студентов, руководителей научно-технических организаций; развитие научной активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники.

Работы по направлениям «Компьютерное моделирование производственных процессов. Разработка автоматизированных систем учета, анализа, распознавания и защиты информации», «Современные технологии обработки и упрочнения деталей машин», «Актуальные проблемы математики, физики и информатики. Обеспечение качества подготовки специалистов инженерного профиля», «Тенденции развития техники и автоматизации производства» представлены на русском языке. В направлении «Адаптивные подходы к совершенствованию производства сельскохозяйственной продукции» есть материалы на белорусском языке. Сборник включает научные работы преподавателей учреждений высшего образования, аспирантов, магистрантов, научных и практических работников, студентов Республики Беларусь, России, Латвии и Таиланда.

СЕКЦИЯ 1

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА, АНАЛИЗА, РАСПОЗНАВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.52

А. А. Говор, В. И. Илстинов, О. И. Наранович, кандидат физико-математических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

КОНЦЕПЦИЯ «УМНЫЙ ДОМ» С ГОЛОСОВЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ И МОДУЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКОЙ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

Введение. В современном мире очень быстро развивается сфера ИТ и, как следствие, информационные технологии влияют на другие сферы деятельности человека, не исключая повседневную жизнь. Такие компании, как Apple и Xiaomi, активно занимаются разработкой аппаратно-программного комплекса, который обеспечивает облегчение взаимодействия с домашними устройствами. Данный подход к автоматизации бытовых процессов получил название «умный дом» (smart home). Идея создать интеллектуальную систему первой появилась у американцев в 20-х годах XX столетия [1], которые стали внедрять в свои дома бытовые приборы. Позже появляется концепция «умный дом», основанная на комфорте и безопасности. На сегодня она считается самой прогрессивной моделью взаимодействия хозяина дома с пространством, в котором он живет [2].

Концепция «умный дом» предусматривает различные подходы к автоматизации выполнения процессов бытовой деятельности. Суть задачи автоматизации дома или же других зданий сводится к поиску оптимального, т. е. наиболее быстрого, беззатратного управления и по необходимости глобально удаленного контроля таких устройств, как выключатель света, жалюзи или любых других бытовых устройств. Некоторые комплексы средств также предоставляют поддержку температурного режима, защиту от несанкционированного проникновения и извещение пользователя о проникновении. Например, средства компании Xiaomi предоставляют защиту от несанкционированного проникновения и мониторинг окон и дверей [3].

Подобные устройства внедряются не только в сферу бизнеса, где зарекомендовали себя как надежные средства контроля и мониторинга окружения, но также и в повседневную жизнь.

Целью данного исследования является разработка комплекса аппаратно-программных средств, позволяющих производить мониторинг домашних устройств, удаленное управление локально, в зоне взаимодействия устройств с пользователем, с помощью голосового интерфейса.

Основная часть. Идея голосового интерфейса заключается в обращении пользователя к системе при помощи голосовой команды, содержащей в себе ключевые слова команд. Например, при реакции на ключевое слово «система» система начинает прослушивать голосовую команду, которая должна быть отправлена пользователем системе с указанием действий. Подобный интерфейс для пользователей является интуитивно понятным, так как в течение своей жизни общение — ключевой элемент жизни человека в обществе. Передача данных производится путем передачи сигналов от управляющего устройства к выполняющему действие через беспроводную сеть вай-фай. Представим диаграмму sequence, демонстрирующую процесс управления устройством (рисунок 1).

Программное обеспечение, производящее мониторинг и управление работой всего комплекса, снабжено модульной системой связи и предоставляет возможность подключения новых устройств. В свою очередь количество устройств, непосредственно взаимодействующих с системой, может меняться.

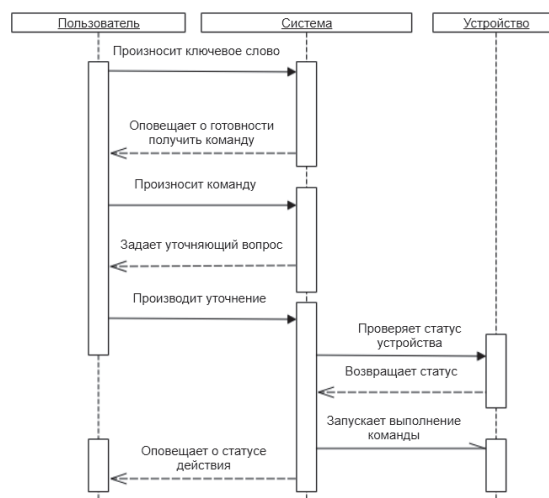


Рисунок 1 — Диаграмма sequence, демонстрирующая процесс управления

Аппаратная часть устройств, использующихся в системе, будет реализована с помощью программно-аппаратных средств для построения простых систем автоматизации Arduino — инструмента для проектирования электронных устройств (электронный конструктор), более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере. Существует множество микроконтроллеров и платформ для осуществления “physical computing”. Parallax Basic Stamp, Netmedia’s BX-24, Phidgets, MIT’s Handyboard и многие другие предлагают сходную функциональность. Все эти устройства объединяют разрозненную информацию о программировании и заключают ее в простую и удобную сборку. Arduino, в свою очередь, тоже упрощает процесс работы с микроконтроллерами, однако имеет ряд преимуществ перед другими устройствами для пользователей:

1) низкая стоимость — платы Arduino относительно дешевы по сравнению с другими платформами. Самая недорогая версия модуля Arduino может быть собрана вручную, а некоторые даже готовые модули стоят меньше 50 дол. США;

2) кроссплатформенность — программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux. Большинство микроконтроллеров ограничивается ОС Windows;

3) простая и понятная среда программирования — среда Arduino подходит как для начинающих пользователей, так и для опытных [4].

Среда разработки Arduino состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста (консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino. Программа, написанная в среде Arduino, называется скетч. Скетч пишется в текстовом редакторе, имеющем инструменты вырезки/вставки, поиска/замены текста. Во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений появляются пояснения, также могут отображаться возникшие ошибки. Окно вывода текста (консоль) показывает сообщения Arduino, включающие полные отчеты об ошибках и другую информацию [4].

Устройства на основе Arduino возможно конструировать различным образом для обеспечения максимально возможного функционала, однако они не требуют детальной и сложной разработки устройств, как микроконтроллеры. Таким образом, с использованием устройства Arduino вместо микроконтроллеров, время разработки уменьшается без потери качества.

Для выполнения программной части комплекса планируется использовать среду IntelliJ IDEA для языка программирования Java. Данный язык обеспечивает комфортное программирование на высоком уровне, обладая большим количеством инструментов разработки. Для программирования устройств на базе Arduino используется среда программирования Arduino IDE для языка программирования C/C++.

В стек технологий входят следующие элементы: Java SE как язык описания логики взаимодействия; JavaFX как средство создания графического интерфейса; вай-фай как технология беспроводной передачи данных между системой и устройствами; Arduino как платформа создания устройств контроля; Google Speech API как интерфейс распознавания голоса.

Заключение. В ходе работы был описан комплекс аппаратно-программных средств, реализующих концепцию «умный дом», выполняющий контроль и мониторинг бытовых устройств с помощью голосовых команд. Устройства, подконтрольные системе и имеющие различный функционал, выполняются на базе платформы Arduino. Программный продукт, входящий в комплекс, обладает огромным потенциалом для дальнейшего развития как в плане обработки устройств контроля, так и непосредственно развития функционала программного продукта.

Список цитируемых источников

1. The History of Smart Homes [Electronic resource] // IoT Evolution world. — 2017. — Access mode: <http://www.iotevolutionworld.com/m2m/articles/376816-history-smart-homes.htm> . — Date of access: 12.10.2017.
2. Что такое умный дом? [Электронный ресурс] // Сайт компании “INSYTE”. — 2017. — Режим доступа: <http://insyte.ru/company/articles/chto-takoe-umnyy-dom/> . — Дата доступа: 12.10.2017.
3. Комплект датчиков Xiaomi Mi Smart Home Kit [Электронный ресурс] // Фирменный магазин Xiaomi в Беларуси. — 2017. — Режим доступа: http://xistore.by/catalog/umnyy_dom/datchiki_mi_smart_home/ . — Дата доступа: 12.10.2017.
4. Arduino [Электронный ресурс] // Аппаратная платформа Arduino. — 2017. — Режим доступа: <http://arduino.ru/about> . — Дата доступа: 11.10.2017.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТОВ ПО РЕИНЖИНИРИНГУ БИЗНЕСА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ¹

Введение. Управленческие процессы характеризуются наличием большого числа нестандартных ситуаций, требующих оперативного принятия ответственных решений, результат которых влияет на будущее состояние предприятий как структурно сложных социально-экономических систем. Проблемы, которые приходится решать руководителям в данных условиях, как правило, являются многокритериальными, плохо формализуемыми, имеют исключительный, не повторяющийся характер и связаны с рассмотрением целого ряда альтернатив. Для лица, принимающего решения, в таких проблемах много новых элементов (например, либо объект выбора, либо обстановка, в которой совершается выбор, либо требования к обоснованию выбора, либо последствия неправильного выбора и т. п.). Кроме того, для руководителей малых и средних предприятий особенно остро ощущается наличие ограничений на ресурсы (информационные, финансовые, временные), имеющиеся в их распоряжении для разрешения проблемных ситуаций. Эти особенности процесса принятия решений требуют создания и использования специальных автоматизированных инструментальных средств — систем информационно-аналитической поддержки процедур принятия решений (далее — ИА СППР).

Основная часть. В данной работе проведено обобщение методов построения автоматизированных систем применительно к задачам создания и развития ИА СППР, основанное на идеях концепции ПИР-требований А. Н. Морозевича [1], в результате чего разработан подход к совместному описанию согласованных требований Потребителя, Производителя и Проектировщика (концепция трех П), базирующийся на макетировании, моделировании и поэтапной реализации средствами современных информационных технологий компонентов и подсистем ИА СППР (ММР-методология) и на этой основе ряд ИА СППР и автоматизированных рабочих мест, обеспечивающие за счет улучшения их эксплуатационных характеристик повышение эффективности и качества принимаемых решений.

При этом особое внимание уделено моделированию и оптимизации информационной инфраструктуры организации, а также принципам построения компьютерной системы «ИТ-АУДИТОР», предназначенной для автоматизации процедур проведения ИТ-аудита субъекта хозяйствования по специальным многокритериальным методикам исследования уровня информатизации субъектов хозяйствования на различных уровнях (республиканском/районном/отраслевом) [1—3].

Впервые широкомасштабное исследование, посвященное оценке уровня информатизации субъектов хозяйствования, было проведено в США в 1980-х годах [4]. Первоначально выборка составила 286 предприятий. Из них лишь 39,1% организаций имели у себя корпоративные информационные системы (КИС), они и стали вторичной выборкой для дальнейшего анализа; 84% организаций отметили, что внедрение КИС позволило предприятиям качественно улучшить процессы принятия решений; 4% отметили положительный эффект в стоимостном выражении; остальные 12% опрошенных не рассчитывали эффект от внедрения КИС.

В Республике Беларусь подобное исследование было проведено в 1998 году под руководством автора Б. А. Железко [1]. Выборка составила 326 представителей предприятий Республики Беларусь (руководители и главные специалисты).

Полученные в ходе этого исследования количественные результаты статистического анализа данных и выявленные закономерности были использованы при дальнейшем развитии теории моделирования и проектирования информационно-аналитических систем, систем автоматизации научных исследований, корпоративных информационных систем и персональных автоматизированных рабочих мест специалистов, а также при решении ряда крупных научно-технических проблем и практических задач.

Дальнейшим развитием данных исследований стали проекты, носящие отраслевой характер: оценка уровня информатизации банковской сферы, оценка уровня информатизации образования и т. п. Предлагаемый авторами подход включает два этапа: предварительного и углубленного анализа. Предварительный этап нужен для выявления проблемных предприятий и/или регионов, а углубленный — для проведения адресного ИТ-аудита с последующим отчетом и рекомендациями по оптимизации информационной инфраструктуры.

При использовании методики исследования уровня информатизации для организации на предварительном и на углубленном уровне необходима обработка информации, полученной экспертным путем и путем анализа балансовой и фактической стоимости ИТ-активов и ИТ-пассивов, и перевода данных в конкретные значения расчетных единиц.

Разработан комплекс методов и методик поддержки принятия эффективных управленческих стратегиче-

¹Результаты частично получены в рамках выполнения проекта 543853-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-SMHES «Поддержка треугольника знаний в Беларуси, Украине и Молдове».

ских и инвестиционных решений [2; 3], который дополнен методами автоматизации рутинных и творческих операций интерактивного построения моделей многокритериального выбора наилучшей альтернативы из заданного множества альтернатив (объектов, стратегий), оцениваемых по ряду критериев (показателей эффективности, качества). Применение данных результатов позволило на порядок уменьшить сроки создания моделей (проводить интерактивное моделирование и прогнозирование), снизить требования к квалификации пользователей любого ранга в области информационных технологий и моделирования, обеспечить возможность непосредственного личного участия в этой процедуре первых лиц организаций, сделать ее более «прозрачной», а результаты более обоснованными и объяснимыми.

Впервые разработаны методики оценки эффективности и качества ИА СППР, основанные на анализе степени удовлетворения требований различных целевых групп экспертов, а также разработаны методические рекомендации по внедрению ИА СППР в проекты по стратегическому корпоративному реинжинирингу (СКР), которые позволяют спланировать и реализовать технические и организационные процессы внедрения ИА СППР в задачи реинжиниринга, а также осуществить обоснованный выбор ИА СППР, необходимый для повышения эффективности результатов проведения проектов по СКР.

Разработано математическое и программное обеспечение ИА СППР «Multi Expert», «Multi Expert NT», «Study Expert», «МАИН», а также модуль СППР для деловой игры «Омега» («Биржа»), которые по основным функциональным характеристикам соответствуют международным аналогам, а по некоторым параметрам (простота освоения, используемое математическое обеспечение и др.) превосходят их, а также метатехнология построения методик анализа и рейтингования экономических объектов, которые могут быть использованы в научной деятельности для создания методик и методов поддержки принятия решений на основе рейтингования различных объектов и субъектов экономической деятельности.

Теоретические и практические результаты внедрены в 14 предприятиях и организациях различных форм собственности, в том числе в зарубежных и транснациональных организациях. Их внедрение позволило повысить эффективность принимаемых управленческих решений, что в итоге привело к улучшению финансового состояния организаций, увеличению прибыльности их деятельности, а в некоторых случаях позволило найти выход из кризисного положения.

Заключение. Стратегический корпоративный реинжиниринг предполагает радикальное перепроектирование всех ключевых БП на основе достижений современных информационных технологий в целях значительного повышения рыночной стоимости компании. При этом используется новая трактовка понятия бизнес-процесса как периодически повторяющейся последовательности действий и принятия управленческих решений, направленной на достижение определенной измеримой цели (чаще всего на удовлетворение требований собственников, например, акционеров или стратегических инвесторов).

Для успешной реализации подобного проекта необходимым условием является проведение комплексного бизнес-аудита компании как предполагаемого объекта инвестиций в проект по СКР. Неотъемлемой частью данного аудита является ИТ-аудит, который требует привлечения квалифицированных ИТ-аудиторов и консультантов, а также использования соответствующего методического и инструментального обеспечения. Имеющееся на рынке информационных технологий математическое и инструментальное обеспечение не соответствует уровню развития методического и технологического обеспечения проектов по СКР. Кроме того, рынок консалтинговых услуг в этой сфере еще только формируется.

Совокупность полученных результатов можно рассматривать как теоретическое обобщение и решение крупной научной проблемы создания инструментально-методического обеспечения методологии компьютерного моделирования и проектирования ИА СППР для реализации проектов по реинжинирингу бизнеса малых и средних предприятий.

Список цитируемых источников

1. Железко, Б. А. Системы поддержки принятия решений: вопросы создания и примеры использования / Б. А. Железко ; под ред. А. Н. Морозевича. — Минск : КИВТ НАН Беларуси, 1998. — 80 с.
2. Navitskaya, K. Information and Analytical Support of Decision-Making Procedures in Strategic Corporate Reengineering / K. Navitskaya, B. Zhalezka // Eastern European Journal of Regional Studies. — 2016. — Volume 2. Issue 2. — December 2016. — P. 41—49.
3. Железко, Б. А. Методические и инструментальное обеспечение стратегического корпоративного реинжиниринга / Б. А. Железко, Г. Н. Подгорная // Электронная экономика: теория, модели, технологии : монография. — Минск : БГУИР, 2016. — С. 138—144.
4. Кочетков, Б. Г. Автоматизация конторского труда в США / Б. Г. Кочетков. — М. : Наука, 1985. — 224 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕМАТРИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СВОЙСТВ РУЧНОГО ПОЧЕРКА

Введение. Возможность видеть и распознавать объекты — естественная и привычная возможность для человека. Однако распознавание образов с помощью компьютера остается чрезвычайно сложной задачей. Область применения компьютерного зрения очень широка: от сканеров штрихкодов в супермаркетах до дополненной реальности. На сегодня распознавание объектов в мультимедийном видеопотоке становится особо актуальными. В связи с этим целью данного исследования является освоение новых навыков программирования с использованием библиотеки распознавания объектов.

Основная часть. Гематрия — криптограмма, дающая вместо предполагаемого слова его численную величину или замену одного слова другим, отдельные буквы которого соответствуют буквам первого слова при особом сочетании букв алфавита. Слово «гематрия» в первый раз встречается в литературе в двадцать девятом пункте тридцати двух герменевтических правил раби Элиэзера, сына раби Йоси Аглили. Там же приводятся примеры обеих форм гематрии. Встречаются следующие формы гематрии: 1) число, в тексте намекающее на предмет, например, $318 = אַלְעִזָּר$; 2) слово текста, намекающее на число, лицо или предмет. В эти две главные формы входят следующие виды гематрии:

а) слово может быть принято в его обыкновенном численном значении, например, слово הכסף (деньги, которые царь Ахашверош обещал вернуть Аману) предзнаменовывало $קָצַף$ (виселицу, на которой он был повешен), так как и то и другое слово = 165 (Эстер 3,11);

б) вместо того, чтобы брать слово как оно есть, все или некоторые его буквы заменяются соответственными буквами по криптографическому алфавиту, например, קטרט указывает на содержащиеся в Торе 613 заповедей. Если первую букву ק заменить путём сочетания שבח в 7, тогда получится $(400 + 200 + 9 + 4) = 613$ (Бемидбар раба XIII, 15,16);

в) гласные буквы ויהי могут, с одной стороны, не приниматься в расчёт, а с другой — могут быть прибавлены. Например, $120 = מסכה$ (Шмот Раба, XLII, 8), ה не принимается в расчёт; שרק (Ишаягу, 5,2) = 606 (Танхума, отд. וילך), причём принимается чтение שורק;

г) к одному из членов равенства или к обоим может быть прибавлена одна единица или даже две единицы как «внешнее число» тех слов, численное значение которых берётся. Например, הורה и אהרן равняются каждое порознь 611, прибавив к этому числу 2, «внешнее число» число обоих слов, в сумме получим 613 (Бемидбар раба XVIII, 21).

Следующие способы должны быть отмечены, потому что они встречаются во многих гематрических выкладках:

а) десятичное включение. Десять сфирот отличаются друг от друга лишь по рангу, а не по своей сущности. Каждая сфира, не подчинённая пространственным ограничениям, содержит поэтому в себе все остальные сфирот. Каждая сфира, следовательно, состоит из 10 сфирот. Это включение называется כלול;

б) геометрическое включение. Согласно указанному выше принципу любое число может быть возвышено во вторую или третью степень. В этом случае возвышается в степень или всё слово, или каждая из его букв отдельно, а потом полученные степени слагаются;

в) объемлемость. Творение есть непрерывная цепь причин и действий. Последнее содержится в принципиально первой, а первая содержится частью в последних. Всякое явление это вид פרט, а всякая причина это род כלל, объемлющий все виды. Универсально Объемлющий (כולל) — это Б-г. Алфавит — это объемлющее всей Торы. Численное значение слова — это объемлющее всего содержания его понятия. Вот почему само слово как единица может быть прибавляемо к уравнению. Этот приём обычно означает термином הכוללעם;

г) умножение. Один из членов может быть множителем другого. Впрочем, умножение может применяться и в других формах, например, член может быть произведением своих букв. $500 = ה-ה-ה-ה-ה = (5 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 10) = ה$;

д) дополнение. Подобно тому, как в сфирот все предметы содержатся в скрытом состоянии, потенциально, так и в числе содержатся его скрытые разветвления. Буква ל, например, равна по внешности своей 30, но содержит в себе также своё алфавитное название למד и равна поэтому $30 + 40 + 4 = 74$. Слово לב, которое по внешности = 32, может быть дополнено до למד בית и равняться 486. Это полное (מלא) может быть ещё раз дополнено до למד בית יוד תו למד ממ דלת בית יוד תו, и это дополнительное дополнение, или вторичное дополнение (מלוי שני, מלוי המלוי), подняло бы численное значение לב до 1436. В вышеприведённом примере לב — это явная часть целого גולה, מדי ית — скрытая часть целого נעלם;

е) четверное сочетание. $(1 + 2 + 3 + 4) = 10$, отсюда следует, что $10 = 7$, так как включает в себе самом все предшествующие низшие числа. Если представить уравнение $4 = 10$ в форме $(1 + 1 + 1 + 1) = (1) + (1 + 1) + (1 + 1 + 1) + (1 + 1 + 1 + 1)$, ясно, почему имя $72 = יקוק$. Этот способ называется סוד רבוע אהורים.

Простая форма פרוק называется פנים («лицо»), четвертная сочетанная форма — אחרים («заднее»). Итак, одно слово может заключать в себе многообразные численные значения.

Заключение. Разработанный метод может быть использован на различного рода описания свойств слова в виде числового значения. Недостаток приложения — при использовании данного метода имеет место одинаковая структура числового значения для разных слов.

УДК 004.891.2

А. А. Киселёв

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно

РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНЫХ ЦИФР НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Введение. Сверточные нейронные сети (СНС) являются подкатегорией нейронных сетей, использование которых достаточно эффективно в таких областях, как распознавание изображений и задача классификации [1, с. 45], также успешно применяются для распознавания лиц, дорожных объектов и знаков, для имитации зрения у роботов и самоуправляемых автомобилей [2, с. 1].

Подход использования СНС был успешно применен на ежегодной олимпиаде по машинному зрению, тем самым снизив рекорд ошибок классификации с 26 до 15%, что на тот момент стало прорывом [3].

Основным недостатком СНС является наличие большого числа варьируемых параметров сети, к которым можно отнести: количество слоев, размерность ядра свертки для каждого из слоев, количество ядер для каждого из слоев, шаг сдвига ядра при обработке слоя, необходимость слоев субдискретизации, степень уменьшения ими размерности, функция по уменьшению размерности, передаточная функция нейронов, наличие и параметры выходной полносвязной нейросети на выходе сверточной. Все эти параметры существенно влияют на результат распознавания, но при построении СНС выбираются исследователями эмпирически [4, с. 393]. Таким образом, количество архитектур СНС велико, все они строятся для решения определенной задачи.

Основная часть. Для построения СНС была выбрана библиотека с открытым исходным кодом ConvNetSharp для .NET C# [5]. Обучение и тестирование сети проходило на базе данных MNIST, которая содержит 60 тыс. изображений рукописных цифр для обучения нейронной сети и 10 тысяч изображений для тестирования нейронной сети [6].

В ходе проведения экспериментов была построена СНС, способная распознавать рукописные цифры с точностью 97%. Представим архитектуру СНС для распознавания рукописных цифр (рисунок 1).

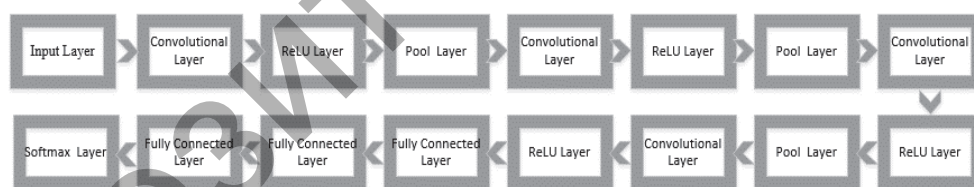


Рисунок 1 — Архитектура СНС для распознавания рукописных цифр

Сверточная нейронная сеть представлена 16 слоями. Входной слой имеет размер $28 \times 28 \times 1$, поскольку ожидает на вход изображение размером 28×28 пикселей с глубиной цвета, равной единице, т. е. черно-белое изображение. За ним следует непосредственно слой свертки с размерностью ядра свертки 4×4 с выходом на 8 каналов.

Затем следует слой ReLU, который представляет собой функцию активации после сверточного слоя, в качестве функции активации, как правило, выбирается ненасыщаемая функция $f(x) = \max(0, 1)$. Такая функция показывает хорошие результаты при обучении нейронных сетей и отвечает за отсеивание ненужных деталей в канале. После ReLU слоя следует слой пулинга размерностью 2×2 . Слой пулинга представляет собой нелинейное уплотнение карты признаков, при этом группа пикселей уплотняется до одного пикселя, проходя нелинейное преобразование. Преобразования затрагивают непересекающиеся квадраты, каждый из которых «сжимается» в один пиксель, при этом выбирается пиксель, имеющий максимальное значение. Такая операция позволяет уменьшить размерность изображения. Далее следует слой свертки с размерностью ядра свертки 3×3 с выходом на 16 каналов. За ним следует слой ReLU, далее следует слой пулинга размерностью 2×2 . После

слоя пулинга следует слой свертки с размерностью ядра свертки 2×2 с выходом на 32 канала, после которого следует слой ReLU. Затем следует слой пулинга размерностью 2×2 , слой свертки с размерностью ядра 2×2 с выходом на 64 канала, за которым следует слой ReLU.

После прохождения свертки изображения и уплотнения с помощью пулинга система перестраивается от конкретной сетки пикселей с высоким разрешением к более абстрактным картам признаков. Как правило, на каждом следующем слое увеличивается число каналов и уменьшается размерность изображения в каждом канале. В итоге остается большой набор каналов, хранящих небольшое количество данных, которые интерпретируются как самые абстрактные понятия, выявленные из исходного изображения. В соответствии с технологией СМС эти данные объединяются и передаются на обычную полносвязную нейронную сеть, которая состоит из четырех слоев. Первый полносвязный слой представлен 512 нейронами, второй полносвязный слой представлен 256 нейронами. Третий полносвязный слой имеет 10 нейронов. Последний слой представлен софтмакс-слоем, в основе которого лежит функция активации софтмакс. Выходом данного слоя является вектор коэффициентов размерностью 10, где каждым выходом данного вектора является некое значение, меньшее единицы, которое обозначает степень принадлежности объекта к определенному классу.

В качестве метода обучения сети использовался алгоритм стохастического градиентного спуска с усовершенствованием Adam (Adaptive Moment Estimation). Для обучения нейронной сети было выполнено более двух с половиной миллионов итераций.

На графике (рисунок 2) видно, что для уменьшения значения функции потерь до приемлемой величины меньше единицы понадобилось около 10 тыс. итераций. Минимальным значением функции потерь является значение 0,00722, которое на каждой итерации может варьироваться как в большую сторону, так и в меньшую, что свидетельствует о минимальном отличии между реальным значением и результатом работы сети.

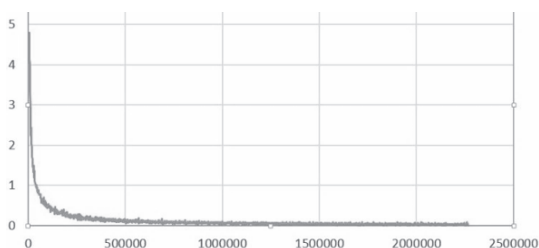


Рисунок 2 — График зависимости значения функции потерь от количества итераций

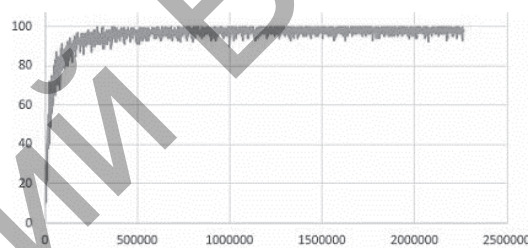


Рисунок 3 — График зависимости точности распознавания от количества итераций

На графике (рисунок 3) мы можем наблюдать, что с ростом количества итераций повышается точность распознавания. Для приемлемой точности распознавания в 90% нам понадобилось около 200 тыс. итераций. Таким образом, чем выше точность распознавания, тем большее количество итераций необходимо сделать для обучения нейронной сети.

Заключение. Для распознавания рукописных цифр было предложено использовать СМС. В статье было продемонстрировано, что СНС, состоящая из 16 слоев, способна распознавать рукописные цифры с точностью 97%. Для достижения такой точности распознавания понадобилось более миллиона итераций для обучения СМС.

Процесс обучения СМС методом стохастического градиентного спуска с усовершенствованием Adam показывает хороший результат обучения за меньшее количество итераций. Для достижения значения функции потерь до величины меньше единицы понадобилось около 10 тыс. итераций.

Список цитируемых источников

1. Deep Learning: A Practitioner's Approach : Adam Gibson, Josh Patterson, 2017. — 200 p.
2. Ranzato Marc Aurelio, Christopher Poultney, Sumit Chopra and Yann LeCun: Efficient Learning of Sparse Representations with an Energy-Based Model, in J. Platt et al. (Eds), Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS 2006). — MIT Press, 2006.
3. A Beginner's Guide To Understanding Convolutional Neural Networks [Electronic resource]. — Access mode: <https://adeshpande3.github.io/A-Beginner's-Guide-To-Understanding-Convolutional-Neural-Networks> . — Date of access: 08.10.2017.
4. Scala for Machine Learning : Patrick R. Nicolas, 2015. — 590 p.
5. ConvNetSharp [Electronic resource]. — Access mode: <https://github.com/cbovar/ConvNetSharp> . — Date of access: 09.10.2017.
6. THE MNIST DATABASE of handwritten digits [Electronic resource]. — Access mode: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist> . — Date of access: 09.10.2017.

В. В. Климук, кандидат экономических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИННОВАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: БЕЛОРУССКИЙ АСПЕКТ

Введение. Тотальное стремление стран к инноватизации определяет перспективу повышения качества жизни, диверсификацию экономической деятельности, обеспечивает безбарьерное функционирование государства. Однако возможно усиление инцидентов недобросовестной конкуренции, существенный «перелив» капитала от «ленивых» стран к инновационному развитию к странам-рационализаторам, что обеспечит и без того огромный разрыв между отдельными странами в экономическом развитии (рисунок 1).

В Беларуси высокая доля обеспечения инновационного развития страны сконцентрирована на приобретении машин и оборудования (53%), что можно охарактеризовать консументальной функцией (потребления уже имеющихся инноваций, а не самостоятельное их создание) (рисунок 2).

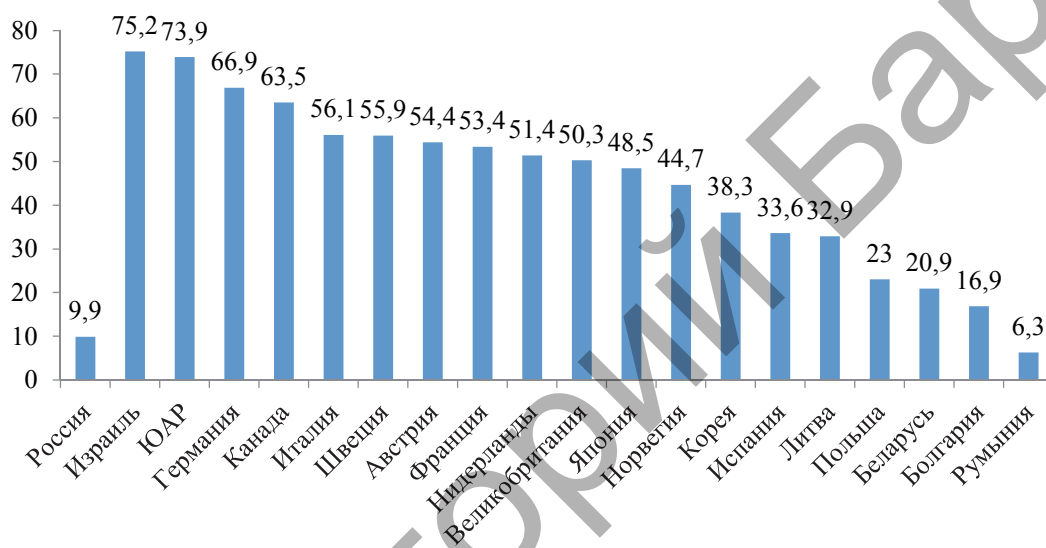


Рисунок 1 — Совокупный уровень инновационной активности по странам в 2015 году, % [3]

Примечание. Составлено на основе [1].

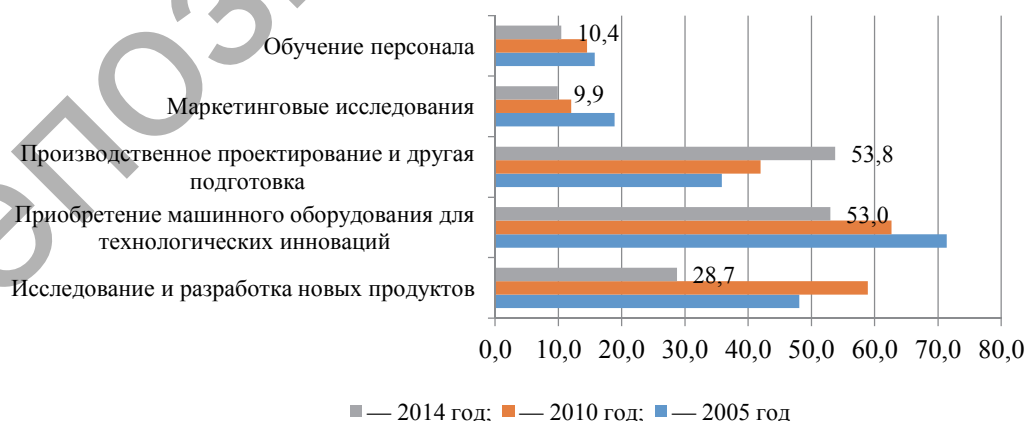


Рисунок 2 — Структура специализации инновационных организаций в общем числе по видам инновационной деятельности Беларуси, %

Примечание. Составлено на основе [3].

Основная часть. В целях количественной оценки уровня инновационного развития стран и формирования «вектора будущего» предложена следующая система относительных показателей (для унификации применимых индикаторов и возможности межстранового сопоставления) с группировкой по ведущим компонентам:

1. Трудовая компонента:
 - 1.1. 1-БПМ/ЗП;
 - 1.2. Доля населения с высшим образованием;
 - 1.3. Доля защитившихся к поступившим (на соискание ученой степени);
 - 1.4. Доля исследователей со степенью к общему числу исследователей;
2. Результативная компонента:
 - 2.1. Доля инновационно активных организаций;
 - 2.2. Доля инновационной продукции в общем объеме производства;
 - 2.3. Доля экспорта инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции;
 - 2.4. Доля выданных патентов в общем количестве поданных заявок;
 - 2.5. Доля мировых инноваций страны в общем объеме инновационной продукции;
3. Затратная компонента:
 - 3.1. 1–доля затрат на инновационную деятельность в общем объеме инновационной продукции;
 - 3.2. Доля затрат на инновационную деятельность в общем объеме инвестиций в страну (регион);
 - 3.3. 1–доля изношенных машин и оборудования.

Для оценки уровня инновационного развития по предложенной методике проведены расчетно-аналитические действия согласно вышеописанному алгоритму для Республики Беларусь и Российской Федерации [2].

Для дифференциации расчетных уровней инновационного развития применен метод группировки по средней величине. Выделены три группы, соответствующие моделям инновационного развития: продуктивная, клонирующая, догоняющая. В результате получена карта инновационного уровня стран за исследуемый период (рисунок 3).

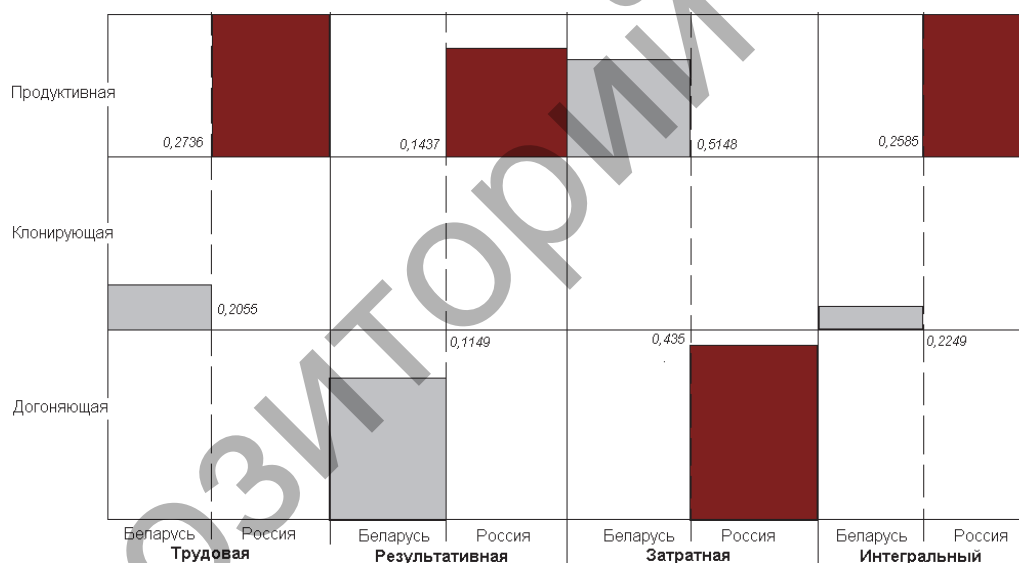


Рисунок 3 — Карта инновационного развития Беларуси и России на 2015 год по уровням

Результаты оценки формируют следующую картину:

- по трудовому потенциалу в инновационной деятельности Россия имеет показатель 0,3066 (что на 45% выше, чем в соседней Беларуси), обусловленный высокой степенью стимулирования новаторов (исследователей, рационализаторов), качеством образовательного процесса;
- результативная компонента определила высокий уровень для России и низкий — для Беларуси (на 42% меньше, чем в России), определяемый конкурентоспособностью отечественной продукции на мировом рынке, применяемыми эффективными технико-технологическими решениями;
- затратная компонента — высокий уровень отразила на Беларуси (на 18,6% больше, чем в России), что свидетельствует о заинтересованности высшего руководства страны и реализации политики тотальной инноватизации хозяйства.

Интегрированный показатель инновационного развития соответствует *продуктивной* модели — для России (0,2732); *клонирующей* модели — для Беларуси (0,2300).

На основе выбранных индикаторов из предложенной системы выделены пять векторов инновационного развития стран: 1) стимулирующий (на основе сопоставления заработной платы и бюджета прожиточного ми-

нимума); 2) научный (по удельному весу соискателей, защитивших диссертации, и доле исследователей с ученой степенью); 3) глобализационный (на основе экспорта инноваций и их доле относительно мировой значимости); 4) вектор обновления (по доле инновационно активных организаций и доле инновационной продукции); 5) вектор эффективности вложений (по уровню затрат на инновационную деятельность).

В результате построена пятиосевая структура важных факторов инновационного развития Беларуси и России (рисунок 4).

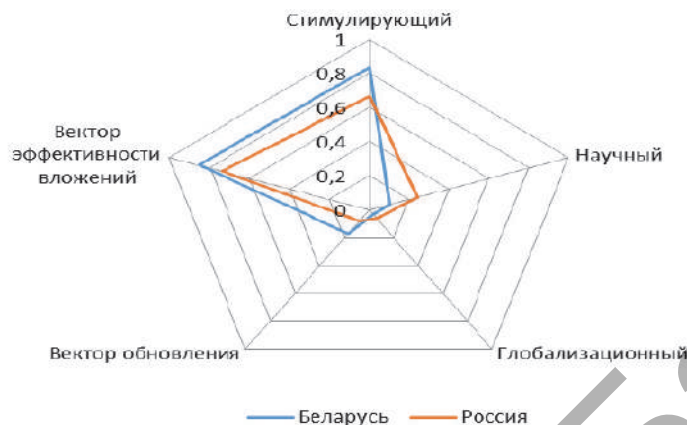


Рисунок 4 — Приоритеты инновационного развития стран на 2015 год

В настоящий период пока по нашим странам превалирует экстенсивный тип формирования «инновационности» (на основе роста затрат), нежели интенсификационная схема развития (на основе роста отдачи от используемых ресурсов). Поэтому существующие резервы потенциала развития стран, несомненно, должны быть задействованы полностью.

Заключение. В качестве рекомендаций по расширению возможностей, повышению степени инновационного развития стран выделим:

- 1) усиление мер материального стимулирования работников в развитии инновационной сферы экономики (введение дифференцированной системы прогрессивного премирования, расширение программ финансирования инновационных проектов);
- 2) формирование альянсовых хозяйственных систем (на основе вертикальной и горизонтальных схем интеграции обеспечение оперативности поставок, качества сырья, реальных покупателей);
- 3) развитие инновационной инфраструктуры (расширение количества технопарков, инновационных фондов, венчурных фирм, апробация стартап-проектов).

Список цитируемых источников

1. Индикаторы инновационной деятельности: 2016 : стат. сб. — М. : НИУ ВШЭ, 2016. — 320 с.
2. Матвеева, Л. Г. Оценка эффективности политики импортозамещения в промышленности : метод. инструментарий / Л. Г. Матвеева, О. А. Чернова, В. В. Климук // Изв. Дальневост. федер. ун-та. Экономика и управление. — 2015. — № 3 (75). — С. 3—14.
3. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь: 2015 : стат. сб. — Минск, 2015. — 335 с.

УДК 004.9

Е. В. Ковальчук

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПЛАТФОРМА ANDROID КАК НАПРАВЛЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ

Введение. С каждым годом мобильные технологии покоряют новые вершины. В частности, Android является отличным этому примером. Хороший дизайн, огромный функционал платформы, реализованный на всевозможных устройствах, и многое другое позволило притянуть к себе большую аудиторию людей. По исследованиям маркетинговой и консалтинговой компании IDC (International Data Corporation), в 2017 году в сети Интернет насчитывалось 1,53 млрд смартфонов на платформе Android, что больше на 4,2% по сравнению

с аналогичным периодом в 2016 году (1,46 млрд). К 2021 году в мире будет насчитываться свыше 1,77 млрд смартфонов на Android [1]. Также на форуме разработчиков в мае 2017 года система Google заявила, что за всё время существования Android было активировано свыше 2 млрд Android-устройств.

Основная часть. Android — это открытая платформа, что и притягивает огромное количество разработчиков и компаний. Google предоставляет им полную документацию на различных языках, бесплатные инструменты для создания своих приложений, которые с легкостью могут быть запущены с многих устройств. В мае 2013 года на конференции Google I/O была анонсирована интегрированная среда разработки Android Studio.

Основные особенности Android Studio: просматривание макетов приложений на различных конфигурациях экрана; приложения собираются на Gradle; тестирование приложения на различных версиях и устройствах Android; поддерживается GCM (Google Cloud Message).

При разработке крупных приложений, рассчитанных на несколько тысяч посетителей, требуется хороший и удобный сервис, который предоставлял бы необходимый функционал для сбора статистики и информации, нужной для последующих улучшений, а также устранения ошибок и багов. Google в 2014 году приобрела инструмент Firebase — облачное решение многих проблем, которые могут возникнуть у разработчиков.

Основные возможности Firebase:

1) интеграция с Android Studio является положительным моментом использования. Посмотрев документацию и написав пару строчек кода, приложение преобразится без затратных усилий. Развитие себя как личности и нахождение новых контактов для общения, что впоследствии поможет войти в социальное общество без каких-либо серьезных проблем;

2) аутентификация пользователя через социальные сети или аккаунт Google при входе в приложение;

3) Realtime — база данных, которая позволяет моментально отсылать и получать нужные пользовательские данные. Firebase — нереляционная база данных;

4) запуск собственного мобильного кода без настроек сервера;

5) монетизация приложения посредством установки рекламы;

6) получение детальной статистики по всем пунктам в удобном отдельном окне.

Использование Android Studio и Firebase позволяет легко и быстро начать разработку почти на любом устройстве, не покупая самого устройства. При наличии одного бюджетного современного ноутбука и Интернета можно создавать удобные социально направленные приложения. Проанализировав какую-либо проблему, можно найти незаполненную нишу. Таковым является приложение для смартфона «Столовая университета».

Основная концепция этого приложения подчеркнута с широко используемого и внедрённого в ГрГУ «Расписание занятий». Поэтому возникла идея, что, естественно, будет удобно использовать «Столовая», и это позволит студентам и работникам университета планировать свой приём пищи между парами, а также во время обеденного перерыва. Приложение работает по следующей схеме: получение необходимых данных (меню в столовой), отправление их в базу данных Firebase. После обработки данные поступают на смартфоны пользователей, на которых реализован интуитивно понятный интерфейс.

После апробации данное приложение будет выложено в свободном доступе в магазине приложений Google Play.

Заключение. Количество людей, использующих смартфоны с платформой Android, будет расти с каждым днём, и это хороший стимул разрабатывать приложения, которые будут решать производственные задачи и каждодневные проблемы. Google хорошо способствует их решению, предоставляя много бесплатных инструментов для разработки, источников информации и среды для обучения. Инвесторы, вкладывая в эту область деньги и время, с большой вероятностью смогут получить нужный результат.

Список цитируемых источников

1. Worldwide Smartphone Forecast, 2017—2021 [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US42366217>. — Date of access: 12.10.2017.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ НА ВАЛКОВОМ ПРЕССЕ

Введение. Важным эксплуатационным фактором, определяющим производительность валкового пресса и качество продукции, является геометрия рабочих поверхностей бандажей. Для повышения производительности валкового пресса, качества спрессованного материала, а также уменьшения объема просыпи все большее применение находят валки с рельефной поверхностью (рисунок 1). Так как возникает сложность математического описания расчета параметров технологического процесса прессования, то использовать аналитические методы для решения данной задачи невозможно. Поэтому рассмотрим напряженно-деформированное состояние прессуемого порошка и взаимодействующих с ним валков посредством применения компьютерного моделирования.

Основная часть. Известна конечно-элементная модель системы, включающая часть валка со сжимаемым порошком в среде программного комплекса ANSYS/LS-DYNA [1; 2]. Оси валков расположены в одной горизонтальной плоскости, а порошок заполняет пространство между ними. В целях уменьшения времени расчета было принято решение о создании геометрической модели (рисунок 2), учитывающей симметрию конструкции. При назначении свойств материалов было указано, что материал валков обладает линейно-упругими свойствами.

На первой стадии устанавливалось напряженно-деформированное состояние сжимаемого материала исходя из предположения о недеформируемости валков. Затем выделялась область с максимальными контактными давлениями, решалась задача об определении напряженно-деформированного состояния валков с учетом напряжений, приложенных на границах выделенного элемента.

Сгенерирована конечно-элементная сетка, в которой использовали восьмиузловые объемные конечные элементы. Общее число конечных элементов модели составило около 25 000. При решении динамических уравнений движения сплошной среды использован явный метод.

Бандажи валкового пресса эксплуатируются при высоких контактных нагрузках, поэтому сталь должна обладать высокими механическими характеристиками (таблица 1) [3].

В результате вычислений определили распределение напряжений и деформаций по объему сжимаемого материала (рисунок 3). Результаты численного определения напряжений в прессуемом материале оказались близкими к результатам аналитических расчетов.

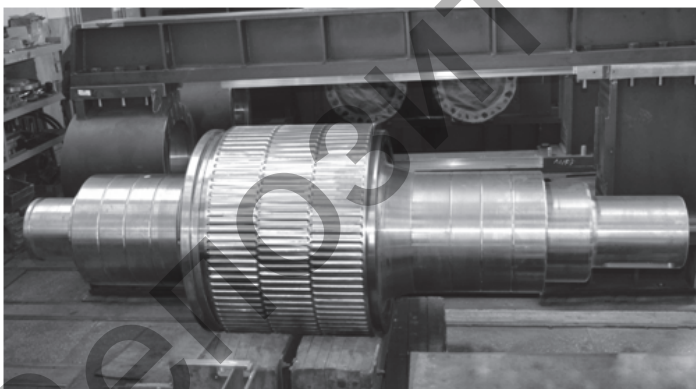


Рисунок 1 — Валок с рельефной поверхностью

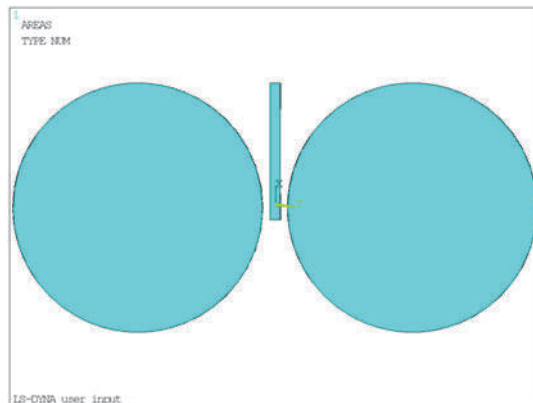


Рисунок 2 — Геометрическая модель систем

Т а б л и ц а 1 — Механические свойства стали 38ХНЗМФА при $T = 20^{\circ}\text{C}$, не менее

Показатель	σ_B , МПа	σ_T , МПа	ϵ , %	Ψ_B , %	KCU , кДж / м ²	HRC
По ГОСТ 4543-71	1 180	1 080	12	50	70	—
Образец	1 230	1 090	11,7	44	—	58

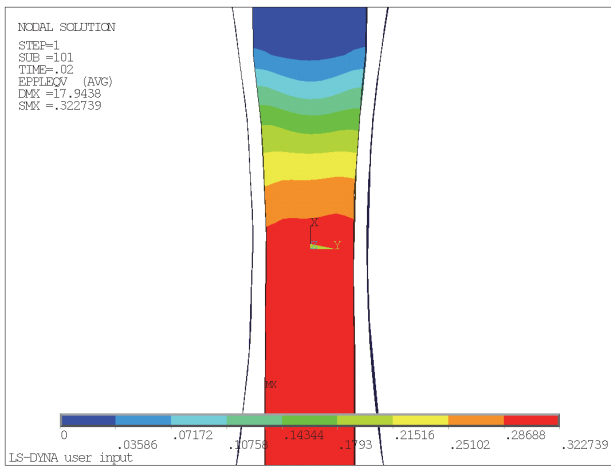


Рисунок 3 — Распределение пластических деформаций по объему сжимаемого материала

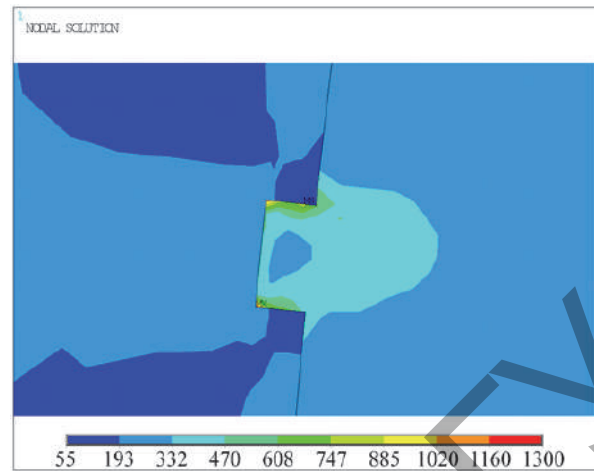


Рисунок 4 — Эквивалентные по Мизесу напряжения (МПа) в материале валков и порошке в местах расположения ребер

Формующие элементы на поверхности валков имеют острые кромки (ребра) в местах соединения с цилиндрической поверхностью, напряжения в которых превышают предел текучести стали, что связано в том числе с выдавливанием воздуха из массива сжимаемого порошка (рисунок 4). Напряжения в области соединения поверхности стенки с рабочей цилиндрической поверхностью валка достигают 1 300 МПа, а предел текучести хромоникелевой стали марки 38ХНЗМФА $\sigma_T = 1\ 080\text{—}1\ 090$ МПа. В результате такого рода напряжения могут привести к интенсивному усталостному разрушению поверхностного слоя валка и многократному пластическому оттеснению металла ребер.

Для повышения долговечности валков было предложено в бандажах выполнять углубления (пазы) таким образом, чтобы формующие элементы (выступы) имели вместо острых кромок галтели (скругления) оптимального радиуса, проведен анализ напряжений в материале валков и прессуемом порошке при создании галтелей разного радиуса кривизны в местах расположения названных ребер.

Заключение. Результаты вычислений свидетельствуют о том, что при изменении конфигурации контактной поверхности формующих элементов валка качество и плотность спрессованного материала сохранятся. В то же время напряжения в материале валков оказались значительно меньшими (769 МПа) предела текучести стали (рисунок 5). Отсюда следует, что сопротивление материала бандажа усталостному изнашиванию должно заметно возрасти.

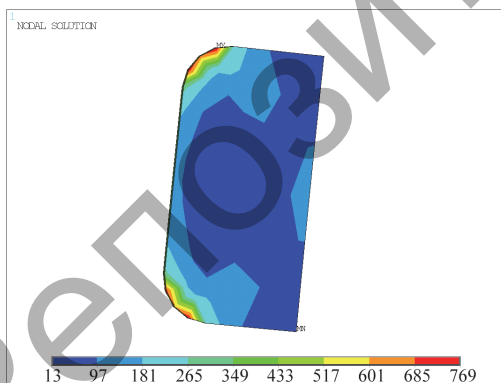


Рисунок 5 — Эквивалентные по Мизесу напряжения (МПа) в материале валка при скруглении ребер (радиус скругления 1 мм)

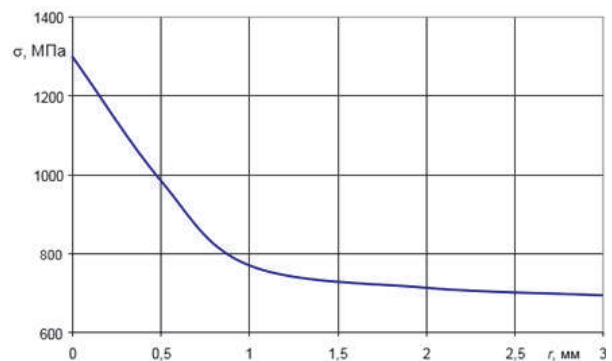


Рисунок 6 — Зависимость максимально эквивалентных напряжений в материале валка от радиуса галтели

Результаты расчетов показали, что при увеличении радиуса кривизны скруглений галтели формующих элементов максимальные эквивалентные напряжения в материале валка уменьшаются (рисунок 6). Значения предела напряжения оказываются меньшими предела текучести стали при радиусах скруглений, превышающих 0,5 мм, напряжения остаются практически постоянными после того, как радиус увеличивается до 2 мм. Таким образом, целесообразно изготавливать валки с формующими элементами, минимальный радиус кривизны галтелей которых превышает 1,5 мм.

Список цитируемых источников

1. Кравчук, А. С. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST с примерами решения задач : курс лекций для студентов мех.-мат. факультетов, обучающихся по специальности 1-3103 02 «Механика (по направлениям)» : в 3 ч. / А. С. Кравчук, А. С. Чашинский, А. И. Кравчук. — Минск : БГУ, 2013. — Ч. 3. Основные элементы графического интерфейса LS-PREPOST. — 74 с.
2. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений / М. Б. Генералов [и др.]. — М. : Машиностроение, 1984. — 192 с.
3. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко [и др.]. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 2003. — 784 с.

УДК 004.415.2.041

В. В. Кузьминов, кандидат технических наук

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Введение. Просчеты, которыми сопровождается внедрение информационных технологий в бизнес-практику компаний, зачастую ведут к негативным последствиям, вплоть до закрытия предприятий. Пока на сегодня наиболее одиозные примеры провалов ИТ-проектов черпаются из западной практики. В книге Дж. Карра «Блеск и нищета информационных технологий» можно найти множество примеров “failure story” («историй неудач»). Несмотря на то, что информационные технологии сегодня стали крупнейшей статьёй корпоративных расходов и неотъемлемым элементом почти всех современных бизнес-процессов, инвестирование в ИТ совершается вслепую, без ясного концептуального видения конечных стратегических и финансовых результатов [1].

Обобщенно причиной разочарований и катастроф в ИТ-проектах является несовершенство проектных технологий или сознательное пренебрежение ими.

Актуальность этой проблемы заключается в том, что решить её можно, только изменив подходы в организации работы ИТ-подразделения, т. е. перейдя к применению сервисной модели управления.

Основная часть. В упрощенном виде проектные технологии можно определить как поддержание баланса тройного ограничения: срока, стоимости и качества проекта — на приемлемом для заказчика уровне. В дополнение к основным причинам, перечисленным выше, можно добавить и несоблюдение принципов проектирования информационных систем (ИС).

К ИС бизнесом выдвигаются различные требования: со стороны руководства — быстрая окупаемость и преимущества над конкурентами, со стороны пользователей — простота и бесперебойность работы.

С точки зрения сервисно-ориентированного подхода взаимодействие бизнеса и ИТ-службы можно представить следующими логическими соотношениями:

$$\sum U_{ci} (\text{бизнес}) > \sum U_{ci} (\text{ИТ-служба}),$$

$$\sum U_{ci} (\text{бизнес}) = \sum U_{ci} (\text{ИТ-служба}),$$

$$\sum U_{ci} (\text{бизнес}) < \sum U_{ci} (\text{ИТ-служба}),$$

где $\sum U_{ci}$ — сумма услуг.

Процессно-ориентированный подход к управлению основывается на понятии бизнес-процесса, который состоит из набора операций. Порядок их выполнения в рамках бизнес-процесса, как правило, четко определен технологией или соответствующими правилами и инструкциями.

Таким образом, организация с современной точки зрения представляет собой не множество отделов, а совокупность бизнес-процессов. С другой стороны, бизнес-процесс является языком общения между разработчиками и пользователями.

Стратегия управления производством построена на принятии решений постфактум, когда событие уже произошло, а это часто приводит к значительным потерям.

ИТ-службе необходимо работать на опережение, на прогнозирование событий, знать стратегию развития бизнеса и разрабатывать опережающие услуги, в частности аналитические (OLAP-технологии).

Если этими качествами ИТ-специалисты не обладают, то появляется феномен «слепота ИТ», который ввел Дэвид Лукхэм (профессор Стэнфордского университета). Слепота в данном случае — не метафора, а именно неспособность увидеть реальную ситуацию, которая порой порождает тяжелые последствия.

В корпоративных информационных системах анализ сложных событий можно уподобить технологиям бизнес-интеллекта (Business Intelligence, BI), функционирующим в режиме реального времени. Он обеспечивает мониторинг бизнес-активности системой «зрения» и оценки текущей ситуации. Такой подход представляет собой фундаментальную технологию обнаружения и управления событиями на предприятии.

Основные принципы создания корпоративных информационных систем можно классифицировать следующим образом [2]:

1) общие принципы: принцип первого руководителя; принцип системного подхода к проектированию ИС; принцип непрерывного развития ИС; оптимальное организационное обеспечение, в том числе оптимальная организационная структура управления и ИТ-службы; наличие правового обеспечения; наличие квалифицированного персонала разработчиков и пользователей;

2) принципы организации технической инфраструктуры: построение локальной вычислительной сети; установка персонального компьютера (ПК) в местах возникновения и интеграции информации;

3) принципы организации инфраструктуры программного обеспечения: установка на ПК соответствующего системного и прикладного программного обеспечения; математическое и методическое обеспечение ИС;

4) принципы организации информационной инфраструктуры: создание единой базы данных, единство технологий систем управления базами данных (СУБД) и прикладного программного обеспечения; одноразовый ввод информации в местах ее возникновения;

5) бизнес-принципы: автоматизация документооборота; сквозная автоматизация бизнес-процессов; проектирование задач аналитики и прогнозирования; комплексная стандартизация ИС;

6) организационно-технологические принципы: абстрагирования; формализации; концептуальной общности; непротиворечивости и полноты; независимости данных; структурирования данных; доступа конечного пользователя.

Соблюдение этих принципов гарантирует создание эффективной ИС.

Любое моделирование экономических задач, производственных процессов, других функций есть моделирование бизнес-процессов. А бизнес-процесс описывает предметную область. Следовательно, необходимо грамотно уметь понять и описать эту область.

Проектирование бизнес-процессов служит основой для проектирования информационных систем и ИТ-решений. В настоящее время разработка и формирование процессов при организации управления требованиями и разработке спецификаций становится практически необходимым условием, и в техническом задании достаточно часто представляется не только перечень требований, но также и модели самих процессов.

Сегодня существует достаточно большое количество методов моделирования бизнес-процессов.

Типичными стандартами описания бизнес-процессов являются такие нотации, как IDEF, ARIS, BPMN, UML и др. Существует множество различных программных продуктов, которые обеспечивают моделирование бизнес-процессов, используя данные стандарты, в трех основных направлениях: ERP, MRP — описывают потоки документов и ресурсов; СМК — описывают, как связаны логические и структурные объекты; BPM — используются для визуального описания бизнес-процессов компании в функциональном аспекте.

Заключение. Все эти программные продукты оперируют понятием бизнес-процесса как последовательностью «действий» и возникающих при этом «событий», тесно взаимосвязанных между собой. Существующие программы позволяют обеспечить решение множества задач управления набором данных производственной деятельности, но не работать напрямую с самими данными. При этом на одно действие могут накладываться десятки, а то и сотни различных событий. Всё это приводит к тому, что довольно сложно формализовать бизнес-процессы относительно данных, описывающих процесс, что необходимо для стратегического или тактического планирования, а также в системах мониторинга и имитационного моделирования бизнес-процессов. Помимо самого моделирования бизнес-процессов многие системы предоставляют различные дополнительные инструменты, такие как мониторинг бизнес-процессов, системы электронного документооборота, оптимизация бизнес-процессов и др.

Список цитируемых источников

1. *Карр, Н. Дж.* Блеск и нищета информационных технологий. Почему ИТ не являются конкурентным преимуществом / Дж. Н. Карр ; пер. с англ. — М. : Секрет фирмы, 2005. — 176 с.

2. *Кузьминов, В. В.* Принципы построения интегрированных информационных систем на современном предприятии / В. В. Кузьминов, Т. А. Ермакова // Сборник трудов БГЭУ. — 2012. — С. 174—181.

О. И. Наранович¹, кандидат физико-математических наук, доцент, **И. В. Оношева**², PhD, профессор РАМ, РАЕ
¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи
²Stamford International University, Бангкок, Таиланд

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕСУРСОВ

Введение. В современных условиях ведения бизнеса предприятия находятся под постоянным давлением конкурентной борьбы и вынуждены искать средства и способы сокращения затрат для возрастания доходов. Одним из способов сокращения расходов является эффективное использование информационных технологий при решении производственных задач.

В таких условиях ведения бизнеса ИТ-отделам приходится решать целый ряд таких задач, как круглосуточное и повсеместное обслуживание клиентов, быстрое обновление технологий и ускоренное предоставление ИТ-ресурсов, и все это с сокращением затрат. Появление нового стиля — облачные вычисления — позволяет организациям и индивидуальным предпринимателям получать и предоставлять ИТ-ресурсы в виде услуг. Используя облачные вычисления, пользователи могут просматривать и выбирать через портал нужные им облачные услуги, предоставляющие вычислительные мощности, программы, хранилища данных или сочетания этих ресурсов [1].

Использование облачных технологий как средства хранения и обработки данных в многопользовательском режиме помогает нескольким независимым организациям работать одновременно на одном и том же сервере.

Компьютерное моделирование производственных процессов является достаточно интересной и актуальной областью как изучения, так и исследования.

Целью работы является разработка автоматизированной системы, предназначенной для решения производственных задач распределения ресурсов с удаленным доступом в многопользовательском режиме.

Основная часть. Рассмотрена задача о реализации оставшихся запасов сырья. Задача состоит в определении плана производства продукции, обеспечивающего максимальную прибыль предприятия-изготовителя при заранее известной цене [2].

Запасы и расход сырья для производства единицы продукции каждого вида, а также получаемую при этом прибыль представим в виде формализованной математической модели.

Обозначим x_i — объем сырья i -го наименования. Прибыль, полученную от реализованной продукции, рассчитаем с помощью целевой функции

$$F(x_i) = x_1 + 0,7x_2 + x_3 + 2x_4 + 0,6x_5 \rightarrow \max$$

при следующих условиях-ограничениях:

$$\begin{cases} x_1 + 0,5x_2 + x_3 + 2x_4 + 1,1x_5 \leq 1411 \\ 0,2x_1 + 0,1x_2 + 0,1x_3 + 0,1x_4 + 0,2x_5 \leq 149 \\ 0,3x_1 + 0,4 + 0,6x_3 + 1,3x_4 + 0,05 \leq 815,5 \\ 0,2x_1 + 0,3x_2 + 0,3x_3 + 0,7x_4 + 0,5x_5 \leq 466 \\ 0,7 + 0,1 + 0,9x_3 + 1,5x_4 \leq 1080. \end{cases}$$

Так как математическая модель представлена линейной целевой функцией и линейными неравенствами-ограничениями, в качестве метода решения выберем симплекс-метод, который позволяет получить решение линейной оптимизационной задачи за небольшое количество итераций и не требователен к аппаратным ресурсам ПЭВМ.

В разработанной автоматизированной системе также предусмотрено решение задачи эволюционным бионическим алгоритмом из-за его универсальности и возможности настройки точности решения. Эволюционный бионический алгоритм — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе [3].

В данном приложении разработано три класса. Класс Form1 является основным, а классы Evol и SimplexM — вспомогательными. Методы класса Form1 позволяют вводить исходные данные (количество продукции и сырья), осуществлять вызов метода формирования начальной симплекс-таблицы, вызов метода решения симплекс-таблицы и формирование результатов расчета, а также осуществлять вызов методов

эволюционного бионического алгоритма и формирование результата его расчета. Вложенный класс Evol предназначен для решения задачи с помощью эволюционного алгоритма, а вложенный класс SimplexM — для решения задачи симплекс-методом. Также класс SimplexM портирован для работы на сервере PHP и обладает теми же методами, что и класс локального приложения.

После запуска приложения появляется главная форма, на которой можно сформировать заданную математическую модель, отредактировать ее, изменить количество сырья и производимых товаров (рисунок 1).

Количество переменных: Симплекс-метод Эволюционный алгоритм

Выпускаемая продукция(X): 5

Доступное сырье(C): 5

Ограничения:

▶ M0	1	x1+	0,5	x2+	1	x3+	2	x4+	1,1	x5	<=	
M1	0,2	x1+	0,1	x2+	0,1	x3+	0,1	x4+	0,2	x5	<=	
M2	0,3	x1+	0,4	x2+	0,6	x3+	1,3	x4+	0,05	x5	<=	815,5
M3	0,2	x1+	0,3	x2+	0,3	x3+	0,7	x4+	0,5	x5	<=	466
* M4	0,7	x1+	0,1	x2+	0,9	x3+	1,5	x4+	0	x5	<=	1080

Целевая функция(прибыль):

1	x1+	0,7	x2+	1	x3+	2	x4+	0,6	x5+	0
---	-----	-----	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	---

MAX

Рисунок 1 — Главная форма приложения

Вводим исходные данные задачи и приступим к её решению. Для этого воспользуемся вкладкой «Симплекс-метод» и кнопкой «Получить решение». Далее будет получена симплекс-таблица с готовым решением, а в текстовом поле отобразятся прибыль и количество товара, которое нужно произвести из оставшегося сырья. В программе имеется возможность просматривать решение симплекс-методом по итерациям.

Для решения задачи эволюционным алгоритмом предусмотрена вкладка «Эволюционный алгоритм», на которой можно ввести или изменить входные параметры алгоритма, такие как «Численность популяции», «Максимальная мутация», «Число поколений», и получить справку о них. Данные параметры влияют на скорость и точность решения задачи. В программе предусмотрена возможность выбора типа расчета: на локальной машине или на сервере PHP. При выборе сервера PHP необходимо указать адрес скрипта расчетной программы в Интернете. Для проверки адекватности полученных результатов разработанными алгоритмами решение в среде Microsoft Excel было выполнено с помощью надстройки «Поиск решения» симплекс-методом.

Заключение. Результатом работы является программный продукт, позволяющий максимизировать прибыль предприятия при реализации остатков сырья. Клиентская часть приложения разработана в среде Visual Studio на языке C#. Серверная часть написана на языке PHP и позволяет пользователям со слабым компьютером или планшетом, поддерживающим .NET-приложения, изучить возможности эволюционного алгоритма. При тестировании работы приложения было установлено, что для реализации серверной части целесообразно разработку вести на языке Java. Использование клиент-серверных вычислений и оперативное получение искомого решения с помощью разработанного приложения могут найти своё практическое применение в небольших частных фирмах и предприятиях для обеспечения быстродействия получения данных.

Список цитируемых источников

1. От хранения данных к управлению информацией / пер. с англ. Н. Вильчинского. — 2-е изд. — СПб. : Питер, 2016. — 544 с.: ил.
2. Косоруков, О. А. Исследование операций / О. А. Косоруков, А. В. Мищенко. — М. : Экзамен, 2003. — 448 с.
3. Коноховский, П. В. Математические методы исследования операций в экономике / П. В. Коноховский. — СПб. : Питер, 2000. — 208 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение. В условиях современного ведения бизнеса многие процессы и взаимодействия внутри любой компании требуют автоматизированного управления. Именно для таких целей предприятия прибегают к помощи CRM. Они используются не только в производственной сфере, также они полезны и на предприятии в качестве средства контроля или обмена информацией. CRM — это способ автоматизации процесса управления отношениями между компанией любого типа и потребителем. Ее основная цель — систематизация информации о клиенте, она позволяет понять его поведение и наладить более эффективный способ взаимодействия [1]. Использование технологии CRM-систем для автоматизации учета хозяйственного обеспечения сотрудников предприятия является актуальной темой.

На каждом предприятии заявки на различные потребности сотрудников подаются и утверждаются непосредственно руководителями различных подразделений. Согласование заявки на предприятии проходит в рамках функционала документооборота в соответствии с маршрутом согласования, настроенным для данного вида заявок. В процессе согласования в заявку может появляться дополнительная информация. Все это требует дополнительных денежных и временных затрат. Немаловажная проблема заключается и в том, что сам работник не имеет возможности следить за процессом согласования заявки. Таким образом, данная система неэффективна. Решением проблемы является автоматизация и ускорение прохождения маршрута согласования поданных запросов. Необходимо объединение всех этапов прохождения заявки от работника до руководителя: описание данной заявки; обсуждения между сотрудниками, относящиеся к данной заявке; предложения по совершенствованию существующей заявки; наглядность документооборота; доступ к информации об утверждении или отклонении поданного запроса.

Внедрение системного управления поданных заявок будет стратегически оправдано и, несомненно, отразится на жизнестойкости и развитии предприятия.

Основная часть. Задачей данного проекта является разработка CRM-системы, которая позволит автоматизировать учет и контроль хозяйственного снабжения сотрудников предприятия. Требования, предъявляемые к разрабатываемому приложению: использование быстрого и удобного php-фреймворка; использование последней версии PHP, следование рекомендациям по написанию безопасного кода, соблюдение чистоты кода; использование объектно-ориентированного программирования, шаблоны проектирования и SOLID-принципы программирования; удобный интерфейс, быстрая загрузка приложения; использование REST-архитектуры для обеспечения возможности интеграции с внешними приложениями и системами; шифрование паролей пользователей криптографической функцией формирования ключа bcrypt.

Для разработки системы использовалось следующее программное обеспечение: JetBrains PhpStorm, OpenServer, Apache, MySQL, HeidiSql. Средства реализации системы: PHP 5.6, PHP Framework Laravel 5.2, HTML, CSS, Twitter Bootstrap, Javascript, JQuery.

Основной функционал системы:

- 1) загрузка структуры организации и бюджета специально структурированным файлом в формате csv, рассылка приглашений сотрудникам предприятия на имейл для использования системы;
- 2) авторизация, личный кабинет (смена личных данных, фото, пароля);
- 3) создание, чтение, обновление и удаление заявки, а также данные о согласовании заявки, возможность прикрепить различные документы к заявке, чат между сотрудниками предприятия, имеющие отношение к конкретной заявке;
- 4) поиск по различным критериям;
- 5) утверждение/отклонение заявки;
- 6) оперативное получение информации о структуре и бюджете предприятия.

Система является веб-приложением. Для того чтобы работать в системе, необходимо получить приглашение от администратора сайта в виде электронного письма, где указан пароль для входа. После авторизации слева на странице пользователя появится меню навигации, в котором активный пункт выделяется красным цветом.

При выборе пункта «Моя Организация» откроется страница, где находится дерево структуры организации сотрудника, отображающая должности, фамилия, имя, отчество сотрудников и иерархию подчинения. Жирным шрифтом выделен активный пользователь (рисунок 1). В пункте «Мои Сообщения» реализован механизм отправки и получения личных сообщений.

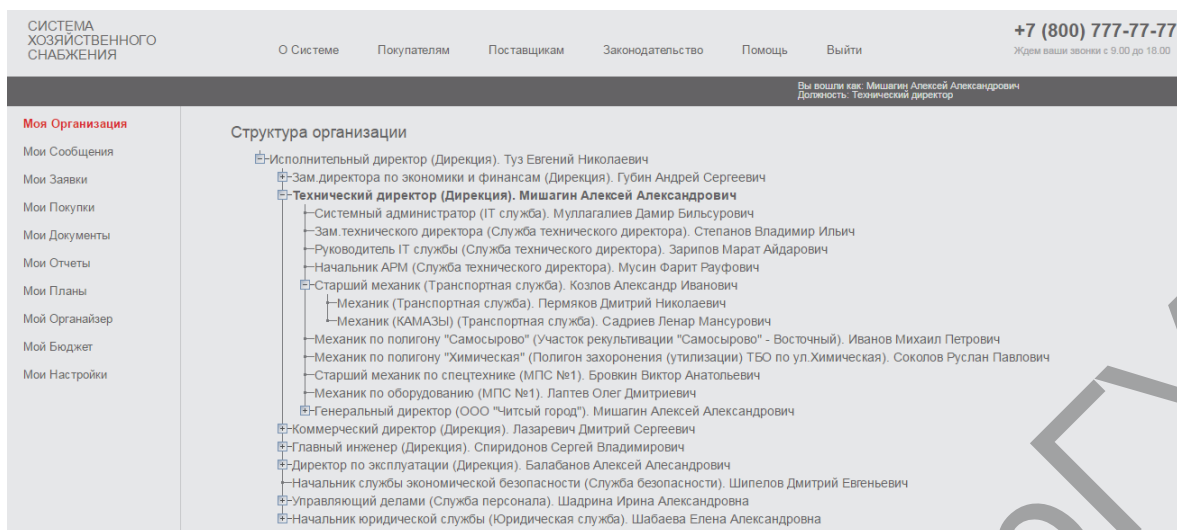


Рисунок 1 — Структура организации

Выбрав пункт меню «Мои Заявки», пользователь может создавать заявки на закупку необходимого оборудования. Созданная заявка поступает на утверждение руководителю подразделения. Во вкладке «Заявки» в боковом меню располагаются заявки, которые можно одобрить или отклонить. При одобрении заявка отправится дальше вышестоящему сотруднику по иерархии должностей до главного директора, а затем поступит на обслуживание менеджеру системы. Для удобства работы с заявками предусмотрен пункт меню «Настройка таблицы», который позволяет скрыть или показать её отдельные поля. С помощью меню «Статусы» возможна фильтрация заявок по критериям: «на согласовании», «отправлено менеджеру», «определен поставщик», «оплачено», «отклонено». Также при работе с заявками предусмотрен поиск по критериям (рисунок 2). В случае получения новой заявки в меню слева покажется уведомление, а сама заявка выделится жирным шрифтом и разместится в начале списка.

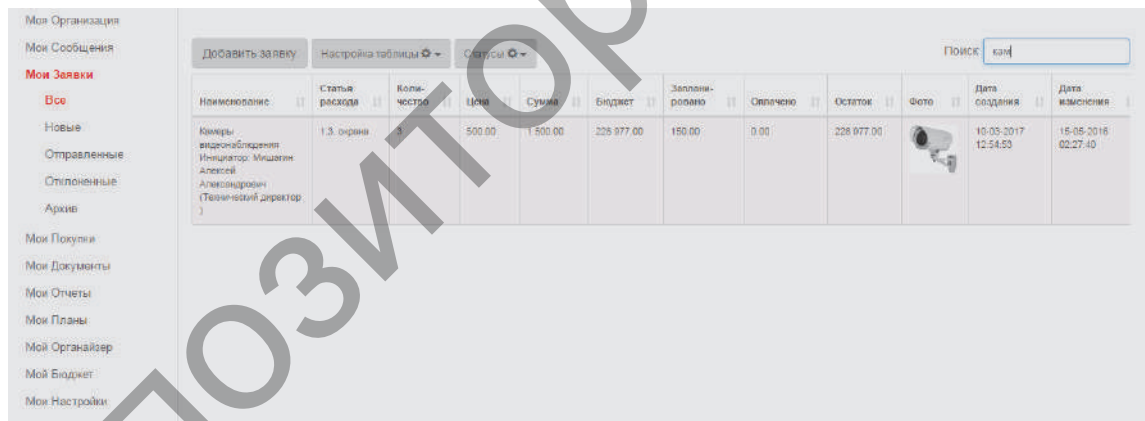


Рисунок 2 — Поиск информации

Для просмотра полной информации о заявке необходимо нажать левой кнопкой мыши по строке заявки. На странице заявки можно посмотреть: «Описание», «Чат», «Предложения», «Документы», которые прилагаются к заявке, «Согласование» (отчетность, кто принял заявку и кто на данный момент ее согласует) и «Журнал» (сведения о дате создания, редактировании заявки). При рассмотрении заявки организовано её обсуждение среди сотрудников, которые к ней относятся.

Заключение. В данном проекте был автоматизирован учет хозяйственного обеспечения сотрудников предприятия с использованием технологии CRM-систем. Данная система позволит сократить не только временные затраты, но и денежные. Важно знать, что слаженная работа всех служб подразделения довольно позитивно влияет на деятельность предприятия.

Список цитируемых источников

1. CRM-системы: что это такое простыми словами и как работает [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://znaybiz.ru/buh/raznoe/services/crm-sistemy.html/>. — Дата доступа: 10.10.2017.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Введение. В большинстве систем кондиционирования воздуха (СКВ) центральное место занимают различного типа калориферные установки. При моделировании работы таких установок традиционно прибегают к упрощённому аппарату математического описания протекающих процессов теплопередачи. На самом же деле при рассмотрении работы калориферной установки по каналу «изменение расхода теплоносителя — температура воздуха» постоянная времени, и коэффициент передачи меняются в широком диапазоне, и могут оказывать существенные влияния на систему автоматического управления.

Основная часть. Основываясь на результатах многочисленных экспериментов и теоретических исследований в первом приближении, передаточную функцию калорифера по каналу «изменение расхода теплоносителя — изменение температуры воздуха после калорифера» $W(p)$ можно представить в следующем виде [1; 2]:

$$W(p) = \frac{K}{T_k p + 1},$$

где K — статический коэффициент передачи аппарата, °C / кг / с;

T_k — постоянная времени калорифера, с.

Процесс теплообмена в калорифере сопровождается рядом особенностей: неоднородность распределения теплоносителя между рядами калорифера и трубками одного ряда, турбулентный характер движения теплоносителя в калорифере и воздуха при контакте с поверхностью калорифера, гидравлические особенности и др. Пренебрежение вышеперечисленными особенностями при математическом моделировании приточных СКВ могут внести существенные неточности, а для некоторых систем с высокой точностью поддержания параметров микроклимата могут привести к фатальным ошибкам. Неадекватность математической модели калорифера может вывести исследователя на ложно синтезированную систему управления с неоптимальными настройками регулятора.

В ходе работы были рассчитаны параметры модели калориферной установки КСк 3-11 для СКВ с учетом динамически изменяющихся коэффициентов передачи и постоянной времени объекта при различных температурных режимах. Представим для данного калорифера изменение температуры приточного воздуха от расхода теплоносителя при различных температурных режимах (для отопительного графика 105/70) (рисунок 1). Из графика видно, что одной и той же температуре приточного воздуха при различных значениях наружной температуры и температуры теплоносителя на входе в калорифер соответствуют различные расходы теплоносителя.

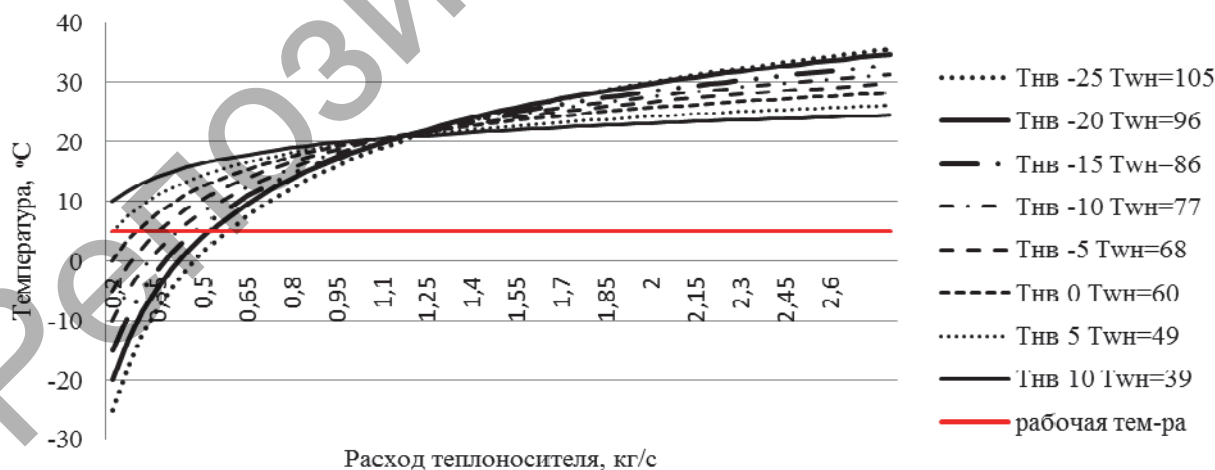


Рисунок 1 — Изменение температуры приточного воздуха от расхода теплоносителя при различных температурных режимах

Покажем зависимости постоянной времени и коэффициента передачи калорифера от расхода теплоносителя (рисунки 2, 3), которые могут быть описаны в общем виде:

$$T_k = f(G_w), \quad K = f(T_{\text{нв}}, G_w),$$

где G_w — расход теплоносителя, кг / с;

$T_{\text{нв}}$ — температура наружного воздуха, °С.

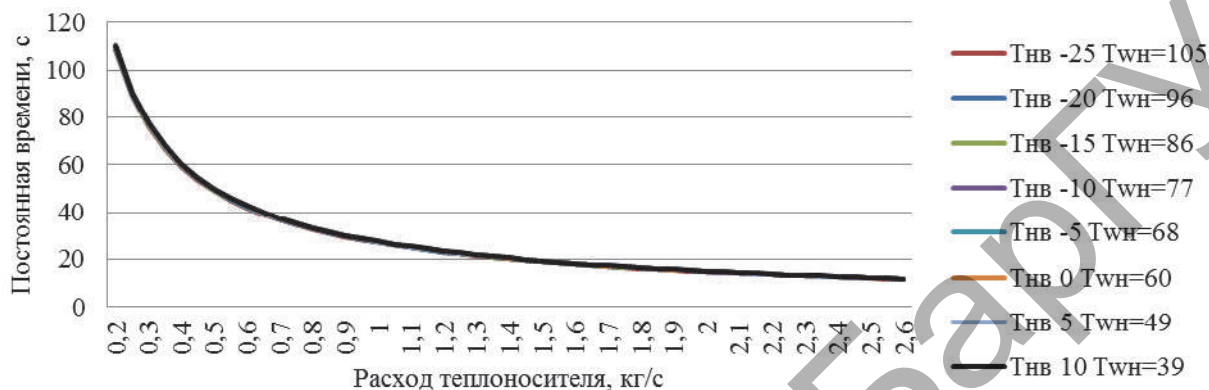


Рисунок 2 — Зависимость постоянной времени от расхода теплоносителя

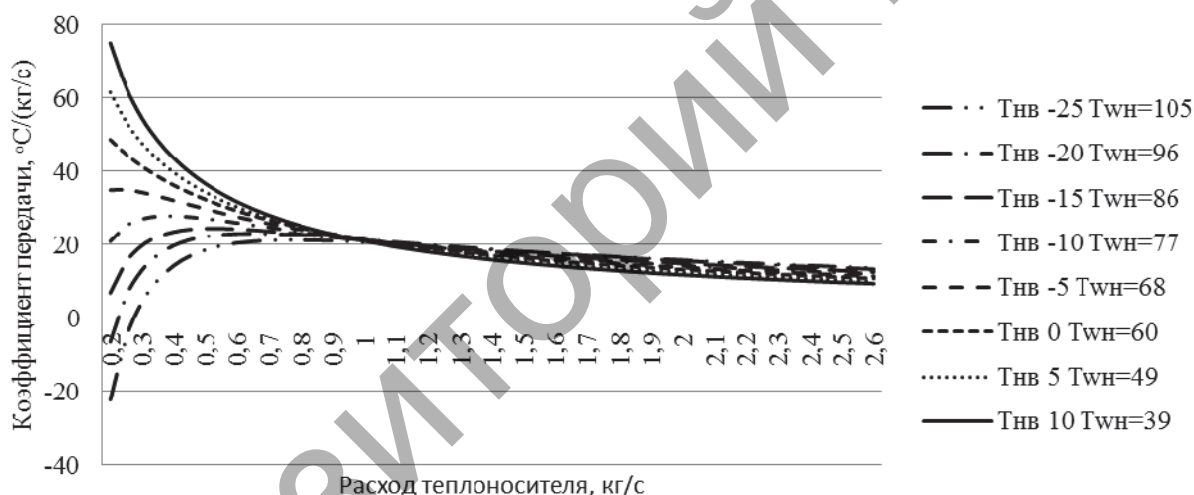


Рисунок 3 — Зависимость коэффициента передачи от расхода теплоносителя

В рабочем режиме эксплуатации постоянная времени калорифера может варьировать в диапазоне от 115 до 15 с, кривая изменения постоянной времени имеет неизменный характер для различных температурных режимов сред на входе в калорифер СКВ. Коэффициент передачи в рабочем режиме эксплуатации меняется в диапазоне от 50 до 9°C / кг / с, причем диапазон возможных изменений определяется не кривой, а областью границы, которой определяются техническими параметрами калорифера и требованиями к безопасности.

Заключение. Коэффициент передачи и постоянная времени калорифера по каналу «расход теплоносителя — температура приточного воздуха» имеют явно нелинейный характер и меняются в широком диапазоне. Пренебрегать данными особенностями нельзя, особенно в тех случаях, когда математическая модель не носит концептуальный теоретический характер, а требуется практическая апробация на объекте с широким диапазоном регулирования теплопроизводительности системы. В осенне-весенние периоды при минимальных протоках теплоносителя через трубки калорифера и минимальной его теплопроизводительности инерционность калориферной установки может достигать инерционности обслуживаемого помещения.

Список цитируемых источников

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е. С. Бондарь [и др.] ; под ред. Е. С. Бондаря. — Киев : Аванпост-Прим, 2003. — 562 с.
2. Сотников, А. Г. Автоматизация систем кондиционирования воздуха и вентиляции / А. Г. Сотников. — Л. : Машиностроение, 1984. — 240 с.

ПРЕДПОСЫЛКИ К СЕЛЕКЦИИ СИГНАЛОВ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ ПО НЕСКОЛЬКИМ КАНАЛАМ

Введение. В силу дешевизны и простоты реализации наиболее распространёнными системами каскадного управления кондиционированием воздуха являются схемы с расположением нескольких датчиков температуры в контрольных точках помещения. При такой схеме управления контроллер высчитывает и обрабатывает усредненное значение температуры в помещении. Подобные схемы обладают следующими существенными недостатками:

1) имеют место такие режимы работы системы управления, при которых в одной части помещения возможен локальный недогрев воздуха, а в другой части — перегрев, в то время как усреднённое значение температуры останется в допустимом диапазоне;

2) с увеличением количества точек измерения температуры воздуха в помещении происходит нивелирование частных значений сигналов обратных связей и снижение чувствительности системы управления в целом [1].

Основная часть. Проанализируем характер изменения значения средней температуры в помещении с n точками измерения температуры при отрицательном отклонении в одной из точек температуры на 2°C . Значения температур в остальных $(n-1)$ точках будем считать равными желаемой температуре $T_{\text{жел}}$.

Под «отклонением температуры в точке n » понимается значение отклонения реальной температуры $T_{\text{реал}}$ в одной из n точек измерения температуры в помещении от желаемой средней температуры $T_{\text{жел}}$:

$$\Delta T_{\text{откл}(n)} = T_{\text{жел}} - T_{\text{реал}(n)}, ^\circ\text{C}.$$

Значение средней температуры определяется как среднее арифметическое значение температур во всех точках помещения при условии отсутствия ранжирования: $T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_n}{n}$.

$$\text{Относительное отклонение средней температуры от желаемого значения } \Delta T_{\text{откл}} : \Delta T_{\text{откл}, \%} = \frac{T_{\text{жел}} - T_{\text{ср}}}{T_{\text{жел}}}, \%$$

При увеличении количества точек измерения значение средней температуры стремится к $T_{\text{жел}}$ и становится менее чувствительным к локальным, даже существенным отклонениям температуры на отдельных рабочих местах (рисунок 1). Причем среднее значение температуры зависит от количества точек измерения нелинейно — при малом количестве точек измерения влияние локального отклонения на значение средней температуры более существенно, чем при схемах с большим количеством точек измерения.

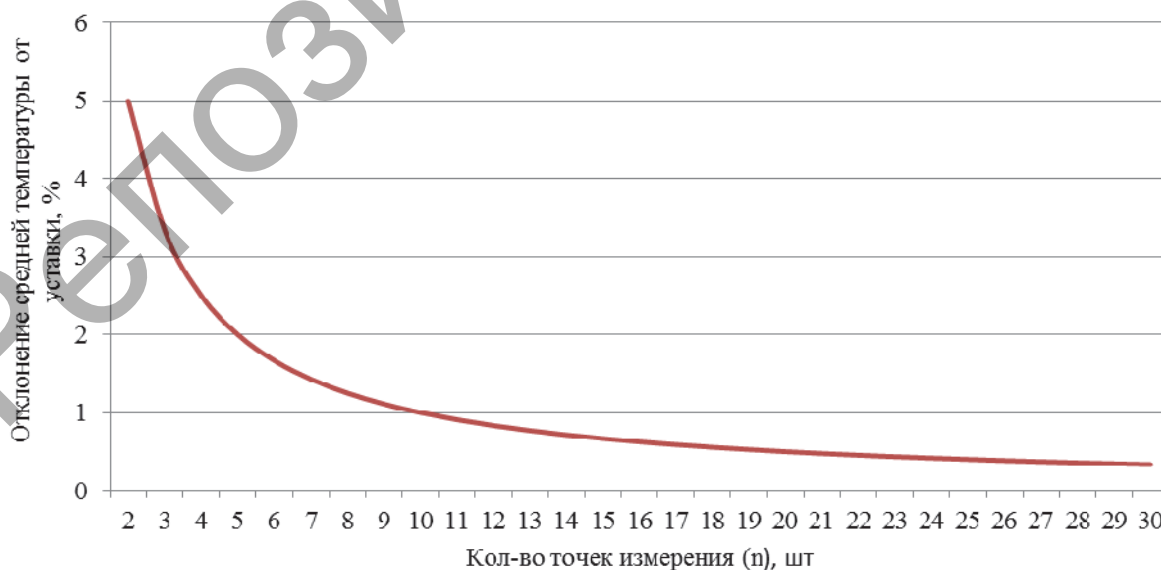


Рисунок 1 — Зависимость средней температуры (при изменении температуры в точке на 2°C) от количества точек измерения

Рассмотрим в качестве примера два возможных варианта функционирования систем кондиционирования воздуха с усреднением температуры в помещении при $T_{\text{жел}} = 20^{\circ}\text{C}$. Из таблицы 1 видно, что при количестве точек измерения температуры в помещении $n = 2$ отклонение в одной из точек температуры на 2°C вызовет отклонение результирующего значения температуры на 1°C , или 5%. В то же время в системе измерения температуры в помещении с количеством точек измерения $n = 10$ такое же отклонение результирующей температуры произойдет при локальном отклонении температуры в одной из точек измерения на 10°C , т. е. реальная температура в этой точке должна достигнуть следующего значения: $T_{\text{реал}} = T_{\text{жел}} - \Delta T_{\text{откл}} = 20 - 10 = 10^{\circ}\text{C}$.

Т а б л и ц а 1 — Расчет среднего значения температуры в помещении в зависимости от количества точек измерения

Количество точек измерения n , шт.	Желаемая температура $T_{\text{жел}}$, $^{\circ}\text{C}$	Отклонение температуры в точке $\Delta T_{\text{откл}}$, $^{\circ}\text{C}$	Среднее значение температуры $T_{\text{ср}}$, $^{\circ}\text{C}$	Отклонение температуры от желаемого значения $\Delta T_{\text{откл}}$	
2	20	2	19,00	1,00	5,00
10	20	10	19,00	1,00	5,00

В соответствии с СанПиН такое значение температуры на рабочем месте находится ниже минимально допустимого значения температуры в холодный период года для любого класса работ по энергозатратам. Например, для помещений с категорией работ Па температура воздуха в 10°C находится ниже минимально допустимого значения на 7°C , а оптимального значения — на 9°C . В таких условиях время пребывания работника на рабочем месте не может превышать 1 ч.

Вышеизложенные особенности применения систем управления кондиционированием воздуха в помещениях подтверждают необходимость в ряде случаев применения селекции сигналов обратных связей.

Заключение. Критический анализ систем управления с усреднением значений температур по нескольким каналам показал, что, несмотря на простоту, данный метод не всегда может адекватно оценивать распределенное температурное поле в помещении. Поэтому целесообразно предусмотреть селекцию сигналов обратных связей, которая могла бы решить следующие задачи: 1) обеспечение непрерывного мониторинга температурного поля в помещении; 2) осуществление управления с учетом не только усредненного значения температуры в помещении, но и с учетом значений отклонений температур от среднего; 3) реализация гибких правил усреднения в зависимости от параметров объекта; 4) улучшение динамических характеристик системы кондиционирования воздуха; 5) практическая реализация и простота.

Список цитируемых источников

1. *Karpovich, D. S. Management of distributed object using the criterion of generalized error / D. S. Karpovich, S. D. Latushkina // Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream): Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream), 2016.*

УДК 004.921

П. П. Попко

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ПОТОКОВ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Введение. Развитие цифровой техники и технологий за последнее десятилетие привело к появлению большого количества новых методов и алгоритмов обработки графической информации. Мощность современных процессоров персональных компьютеров и графических средств визуализации позволяет обеспечить практически любые запросы по обработке графической информации [1]. Для обработки графической информации существуют такие методы и алгоритмы: фильтрации, сегментации, выделения границ. Самые известные алгоритмы: Робертса, Превитта и Собеля. Обработка потоков графической информации может применяться в различных сферах, например в медицине (флюорография, компьютерная томография), безопасность, научные исследования. Инструментарием для получения графических потоков данных может служить рабочая станция с программно-аппаратным обеспечением обработки и визуализации.

Основная часть. Поток графической информации представляет собой видео определённой длины, из которого захватываются кадры с определённым строго заданным интервалом. Захваченные кадры — это растровые изображения [2].

Растровое изображение — это изображение в табличном формате. Ячейки таблицы — это пиксели. Пиксель — это единица измерения размеров растрового изображения. Соответственно растровые изображения состоят из пикселей. Каждый пиксель растрового изображения имеет следующие свойства: цвет и координаты расположения пикселя [3].

Захваченные изображения обрабатываются при помощи различных методов и алгоритмов обработки графической информации.

Аппаратным средством обработки цифровых изображений является графический процессор. Основное преимущество графического процессора заключается в уменьшении вычислительной нагрузки на центральный процессор. Для достижения высоких результатов процесс обработки распараллеливается во времени. Технология, позволяющая программно управлять работой графического процессора, называется CUDA (Compute Unified Device Architecture) и представляет собой взаимную оптимизацию аппаратной платформы и программной модели. В ресурсе описана технология параллельных вычислений на графическом процессоре.

Основные методы обработки графической информации: фильтрация, сегментация, выделение границ областей. Каждый метод обработки основывается на некоторых числовых характеристиках изображения и их функциональных особенностях. Цифровое изображение, как и любая другая информация, хранится в памяти компьютера в двоичном коде. Но зачастую эта информация избыточна, содержит искажения или шумы. Шумы затрудняют визуальный анализ изображения и обработку. Для их удаления или уменьшения используют фильтрацию. Выбор фильтра зависит от характеристик шума и самого изображения. В качестве шага предобработки к выделению границ практически всегда применяется сглаживание фильтром Гаусса или ему подобным [4].

Сегментация — это процесс присвоения меток каждому пикселю изображения, когда пиксели с одинаковыми метками имеют общие визуальные характеристики. Результатом сегментации изображения является множество сегментов, которые вместе покрывают всё изображение или множество контуров, выделенных из изображения [5].

Выделение границ основывается на алгоритмах, выделяющих точки цифрового изображения, в которых резко изменяется яркость или есть другие виды неоднородностей.

Существует множество подходов к выделению границ, но практически все можно разделить на две категории: методы, основанные на поиске максимумов, и методы, основанные на поиске нулей. Методы, основанные на поиске максимумов, выделяют границы с помощью вычисления «силы края», обычно выражения первой производной, такого как величина градиента, и затем поиска локальных максимумов силы края, используя предполагаемое направление границы, обычно перпендикуляр к вектору градиента. Методы, основанные на поиске нулей, ищут пересечения оси абсцисс выражения второй производной, обычно нули лапласиана или нули нелинейного дифференциального выражения.

Методы выделения границ отличаются применяемыми фильтрами сглаживания и способами подсчета «силы края». Хотя многие методы выделения границ основываются на вычислении градиента изображения, они отличаются типами фильтров, применяемых для вычисления градиентов в x - и y -направлении.

Методы Робертса, Превитта и Собеля основываются на одном из базовых свойств сигнала яркости — разрывности. Наиболее общим способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски, называемой также фильтром, ядром, окном или шаблоном, которая представляет собой некую квадратную матрицу, соответствующую указанной группе пикселей исходного изображения. Элементы матрицы принято называть коэффициентами. Оперирование такой матрицей в каких-либо локальных преобразованиях называется фильтрацией или пространственной фильтрацией [6].

Представим схему пространственной фильтрации (рисунок 1).

Процесс основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения; в каждой точке (x, y) отклик фильтра вычисляется с использованием предварительно заданных связей. В случае линейной пространственной фильтрации отклик задается суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. Для маски 3×3 элемента (см. рисунок 1)

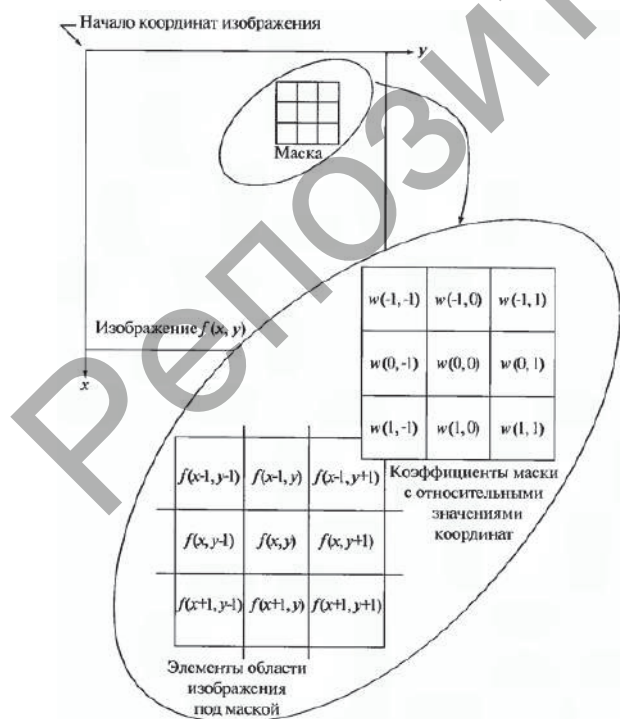


Рисунок 1 — Схема пространственной фильтрации

результат (отклик) R линейной фильтрации в точке (x, y) изображения составит:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + w(0, 0)f(x, y) + \dots \\ + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1),$$

что, как видно, есть сумма произведений коэффициентов маски на значения пикселей непосредственно под маской. В частности, заметим, что коэффициент $w(0, 0)$ стоит при значении $f(x, y)$, указывая тем самым, что маска центрирована в точке (x, y) . При обнаружении перепадов яркости используются дискретные аналоги производных первого и второго порядка.

Результатом выделения границ является набор связанных кривых, обозначающих границы объектов, граней и оттисков на поверхности, а также кривые, которые отображают изменения положения поверхностей. Таким образом, применение фильтра выделения границ к изображению может существенно уменьшить количество обрабатываемых данных из-за того, что отфильтрованная часть изображения считается менее значимой, а наиболее важные структурные свойства изображения сохраняются. Однако не всегда возможно выделить границы в картинах реального мира средней сложности. Границы, выделенные из таких изображений, часто имеют такие недостатки, как фрагментированность (кривые границ не соединены между собой), отсутствие границ или наличие ложных, не соответствующих исследуемому объекту, границ.

В результате анализа методов и алгоритмов была продемонстрирована необходимость в разработке программно-алгоритмического обеспечения для обработки потоков графической информации.

Заключение. Проведён обзор существующих методов и алгоритмов обработки графической информации. Продемонстрирована актуальность их практического применения в таких сферах, как медицина, безопасность, научные исследования. В результате обоснована необходимость разработки программно-алгоритмического обеспечения для обработки потоков графической информации.

Список цитируемых источников

1. Современные компьютерные технологии / Р. Г. Сафин [и др.] ; под ред. Н. Ф. Тимербаева, Д. В. Тунцева и Р. Г. Хисматова. — Казань : КНИТУ, 2014. — 110 с.
2. Дьяконов, В. П. Работа с изображениями и видеопотоками / В. П. Дьяконов. — М. : СОЛОН-Пресс, 2010. — 400 с.
3. Алгоритмические основы растровой графики / Д. В. Иванов [и др.] ; под ред. А. С. Карпова [и др.]. — М. : БИНОМ, 2007. — 279 с.
4. Кудрявцев, Л. В. Краткий курс математического анализа / Л. В. Кудрявцев. — М. : Наука, 1989. — 736 с.
5. Анисимов, Б. В. Распознавание и цифровая обработка изображений / Б. В. Анисимов. — М. : Высш. шк., 1983. — 295 с.
6. Вудс, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Вудс, Р. Гонсалес. — М. : Техносфера, 2005. — 1007 с.

УДК 004.4+651

Е. Э. Попова

Белорусский государственный университет, Минск

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ДОКУМЕНТАМИ: ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ

Введение. Автоматизация работы с документами является необходимой составляющей деятельности организации, позволяющая как оптимизировать работу, так и повысить конкурентоспособность организации. Вовремя полученная управленческая информация из любого организационно-распорядительного документа, аудиозаписи проведения совещания, видеозаписи заключения договора с клиентами позволяет реально оценить состояние дел и принять правильное управленческое решение. Количество программ, обеспечивающих автоматизацию работ с документами, постоянно растет, а общепризнанного определения такого рода систем до сих пор нет.

Существует множество терминов, обозначающих данный вид автоматизированной системы: автоматизированная система документационного обеспечения управления (АС ДОУ), система управления документами (СУД), системы электронного управления документами (СЭУД), системы электронного документооборота (далее — СЭД), системы автоматизации делопроизводства (САД), автоматизированная система электронного документооборота (АСЭД) и т. д. Например, под информационной системой документационного обеспечения управления (ИС ДОУ) понимается система, которая удовлетворяет требованиям таких стандартов, как ISO 15489:2001 (Information and documentation. Records management. Part 1. General / Информация и документация. Управление записями. Часть 1. Общие требования) и ISO/IEC 17799:2005 (Information technology. Security techniques. Code of practice for information security management / Информационные технологии. Технологии безопасности — Практические правила менеджмента информационной безопасности), а также спецификации Model Requirements for the Management of Electronic Records (MoReq) / Типовые требования к управлению электронными документами.

Такая ситуация существовала на ИТ-рынке и в конце 1990 годов, когда процесс автоматизации делопроизводства начался, разработчики программного обеспечения называли свои системы так, как понимали смысл терминов: делопроизводство, документооборот, электронный архив, документационное обеспечение управления и т. д. Порой функциональные возможности систем не отвечали заявленным. Не было и хорошей правовой базы, регламентирующей работу с электронными документами. Все это затрудняло выбор системы организациями-заказчиками.

Такая ситуация сложилась на ИТ-рынке и в настоящее время. Крупные фирмы-разработчики предлагают разнообразные системы с хорошим функционалом, который полностью отвечает заявленному наименованию системы. Но терминов, аббревиатур по-прежнему много, даже больше, чем было ранее (управление рабочими потоками — workflow management, workflow-системы; групповая работа с документами — workgroup management; управление цифровыми активами — Digital Asset Management, DAM-системы; управление бизнес-процессами — business process management, BPM-системы; управление корпоративным контентом — Enterprise Content Management, ECM-системы).

Заказчик по-прежнему ищет систему, соответствующую его требованиям, и не может разобраться в «море» автоматизированных систем и рекламных буклетов.

Основная часть. Аббревиатура СЭД сегодня является практически общепринятой как среди разработчиков в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации. Первые СЭД решали задачи по автоматизации классического делопроизводства, обеспечивали функционирование и электронных, и бумажных документов, реализовывали электронный документооборот при условии применения электронной цифровой подписи в организации. В настоящий момент функционал СЭД значительно расширился. Достаточно прочитать информацию о системах, например «Электронное Дело» или «Канцлер».

Однако однозначного соответствия между отечественными терминами в области документационного обеспечения управления и англоязычными нет. А ведь западными специалистами уже достаточно давно разрабатываются и применяются автоматизированные системы такого класса.

Сотрудниками аналитических компаний, таких как International Data Corporation (IDC), Gartner, Forester Research, ведется работа по анализу существующего рынка систем, автоматизирующих работу с документами. Так, специалисты компании IDC определяют СЭД (в оригинальном тексте используется термин Electronic Document Management, EDM) как систему, которая обеспечивает процесс создания, управления доступом, распространение и безопасность больших объемов документов в компьютерных сетях, а также позволяет осуществлять контроль над потоками документов в организации. Документы могут храниться как в специальных хранилищах, так в иерархии файловой системы. Система поддерживает различные типы файлов: текстовые документы, графические образы, электронные таблицы, аудио-, видеоданные, документы веб. IDC с учетом требований к управлению документами и тенденции развития информационных компьютерных технологий выделяет шесть видов EDM-систем: Business-process EDM (системы, ориентированные на автоматизацию бизнес-процессов); Enterprise-centric EDM (корпоративные системы электронного управления документами); Enterprise Content Management (системы управления контентом в масштабах организации); Enterprise Information Management (системы управления информацией); Imaging Systems (системы управления образами); Workflow Management Systems (системы управления потоками работ) [1]. Подобная классификация приводится и в ряде работ российских авторов [2; 3].

Каждый вид EDM-систем реализует определенный функционал и предназначен для автоматизации управления документами. Термин «управление документами» используется западными специалистами, согласуется с терминологией стандартов Международной организации по стандартизации (ISO) в области управления документами [4].

Изменение экономических условий деятельности организаций, повышение юридической силы документов в управлении сделало актуальным исследование в области управления документами, разграничения понятий «делопроизводство», «документационное обеспечение управления» и «управление документами». Российский исследователь М. В. Ларин считает, что «управление документацией основывается на принципах экономичности и эффективности и на широком использовании новых информационных технологий, обеспечивающих качественный менеджмент по отношению к документации организации как полноценному ресурсу управления. Тем самым подчеркивается взаимосвязь документации и информации в управлении» [5, с. 14].

В Республике Беларусь в таком нормативном правовом документе, как инструкция по делопроизводству, используется аббревиатура АС ДОУ [6]; при рассмотрении вопросов, связанных с построением системы межведомственного документооборота, — СЭД; в документе «Типовые проектные решения автоматизированной системы документооборота для государственных органов», разработанном БелНИЦЭД, используются и АС ДОУ, и СЭД [7]. Разработчики программного обеспечения в наименовании систем применяют англоязычные аббревиатуры, например, группа ЛМА-ИСИДА поставляет на рынок семейство продуктов «ISIDA DMS» [8]; АС ДОУ на базе СЭД «РЕКОРД» предлагает СП «Бевалекс» ООО [9].

В 2016 году в Республике Беларусь принят стандарт СТБ ISO 15489-1-2016 «Информация и документация. Управление документами. Часть 1. Общие требования», который включает рекомендации по управлению документами всех форматов и на всех носителях, образующимися в процессе деятельности организаций, независимо от их формы собственности и организационно-правовой формы [10].

Заключение. Видимо, сложилась ситуация, когда необходимо согласовать терминологию в области автоматизации работ с документами исходя из современных условий деятельности организаций, которые исполь-

зуют разнообразные виды документов, структурированную и неструктурированную информацию, аудио- и видеоданные для управления. Системы, автоматизирующие работу с документами, следует назвать «автоматизированные системы управления документами» (АСУД) и провести их классификацию с учетом их функциональных возможностей. Это упростит заказчикам разработку критериев выбора, анализ рынка и выбор соответствующей системы.

Список цитируемых источников

1. Глинских, А. Мировой рынок систем электронного документооборота / А. Глинских // Информационный бюллетень Jet Info. — Режим доступа: www.jetinfo.ru/Sites/portal/Uploads/2002_8.DF9C812FFBD9496BAE9694E2. — Дата доступа: 20.09.2017.
2. Береснева, Е. А. Автоматизация работы с документами: от простого к сложному [Электронный ресурс] / Е. А. Береснева // Реферативная база данных. — Режим доступа: <https://refdb.ru/look/2701133.html>. — Дата доступа: 20.09.2017.
3. Злобин, Е. В. Системы электронного документооборота – особенности, классификация, некоторые источниковедческие аспекты / Е. В. Злобин // Технотронные архивы в современном обществе: наука, образование, наследие : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию фак. технотрон. архивов и документов. — М. : РГГУ, 2004. — 183 с.
4. Храмовская, Н. Стандарты ISO в области управления документами Information Management 02-2013 [Электронный ресурс] / Н. Храмовская // Сайт компании «Электронные офисные системы». — Режим доступа: https://www.eos.ru/upload/Information%20Management_13-02_10-22.pdf. — Дата доступа: 07.10.2017.
5. Ларин, М. В. Управление документацией: теория и практика / М. В. Ларин // Делопроизводитель. — 2001. — № 1. — С. 10—14.
6. Примерная инструкция по делопроизводству в министерствах, госкомитетах и других центральных органах управления, учреждениях, организациях и на предприятиях Республики Беларусь [Электронный ресурс] : утв. приказом председателя ком. по арх. и делопроизв. Респ. Беларусь, 23 мая 1995 г., № 13 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2017.
7. Типовые проектные решения автоматизированной системы документооборота для государственных органов [Электронный ресурс] // Сайт БелНИИДАД. — Режим доступа: <http://archives.gov.by/index.php?id=321786>. — Дата доступа: 07.10.2017.
8. Электронный документооборот и делопроизводство [Электронный ресурс] // Сайт компании «Группа ЛМА-ИСИДА». — Режим доступа: https://www.isida.by/?page_id=696. — Дата доступа: 02.10.2017.
9. Автоматизированная система документационного обеспечения управления [Электронный ресурс] // Сайт компании БЕВАЛЕКС. — Режим доступа: <http://www.bevalex.by/services-and-solutions/programmnoe-obespechenie/avtomatizirovannaya-sistema-dokumentatsionnogo-obespecheniya-upravleniya>. — Дата доступа: 02.10.2017.
10. СТБ ISO 15489-1-2016 Информация и документация. Управление документами. Часть 1. Общие требования [Электронный ресурс]: утв. постановлением Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь от 1 апр. 2016 г. № 27 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2017.

УДК 004.9

С. А. Попова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АНАЛИЗА ПОСЕЩАЕМОСТИ САЙТА

Введение. Современный сайт должен быть оригинальным, интересным, красивым, удобным в навигации, информативным. Чтобы создать такой сайт, необходимы совместные усилия многих профессионалов. При этом каждый администратор должен вести статистику популярности сайта и делать из этого соответствующие выводы.

Основная часть. Разработанный программный продукт предназначен для сбора и анализа информации по наиболее посещенным страницам сайта, что дает возможность своевременно обновлять, дополнять и тем самым поддерживать сайт в актуальном состоянии. Имеется возможность сортировки отчетов посещаемости веб-ресурса по дате, IP-адресу и другим параметрам. Предусмотрена возможность очистки отчетов. Для разработки программного продукта выбраны языки программирования Borland Delphi 7 и PHP Expert Editor.

Для того чтобы приступить к работе с программой, необходимо запустить файл Анализатор.exe. В главном окне (рисунок 1) следует выбрать путь, где установлен счётчик, а также место его расположения: на веб-сервере либо на веб-странице сайта.

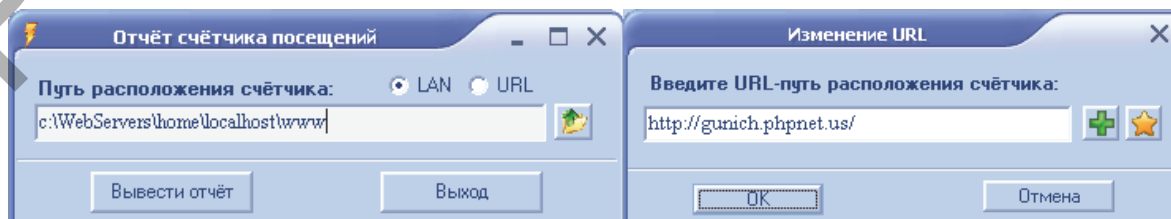


Рисунок 1 — Окно выбора пути расположения счётчика

Если счётчик расположен на нескольких сайтах, то при нажатии на «плюс» можно добавить сайт в избранное, а при нажатии на «звездочку» — вывести список избранных сайтов.

После того, как выбран путь, где установлен счётчик, следует нажать кнопку «Вывести отчёт» для формирования отчёта о посещенных страницах и количестве «кликов» (рисунок 2). При этом в верхней части отчёта можно отсортировать выведенную информацию по требуемым параметрам.

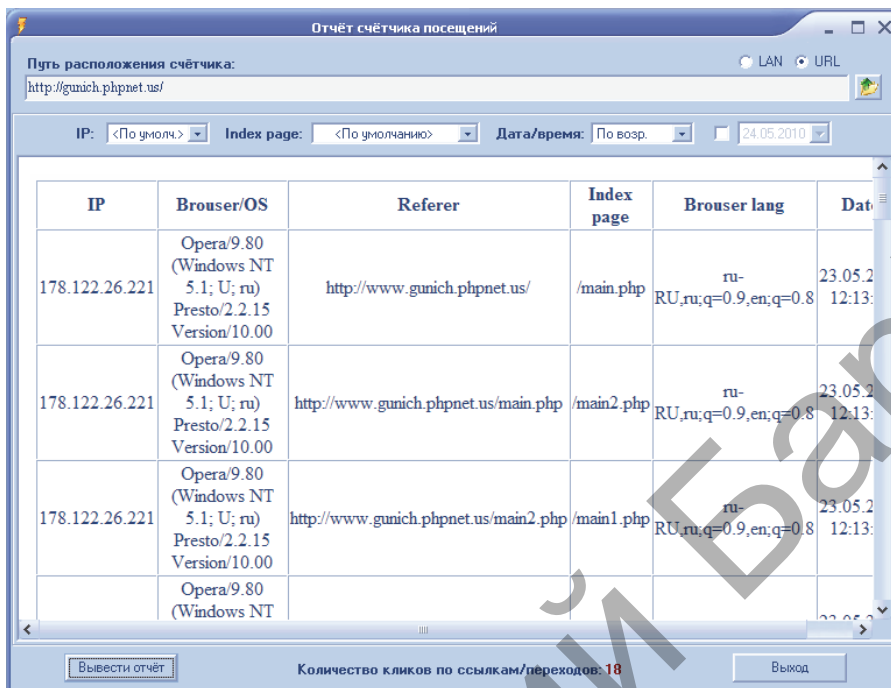


Рисунок 2 — Окно вывода отчёта

Представим вид окна формирования отчёта, если ссылка встроена в исходный код веб-страницы (рисунок 3).

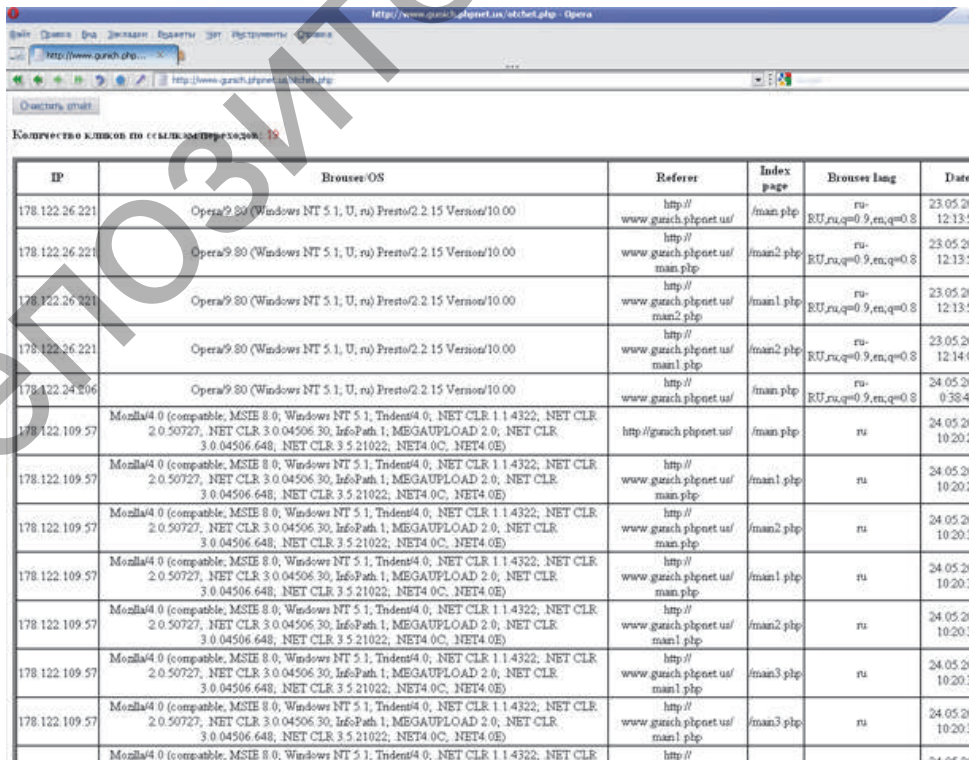


Рисунок 3 — Окно вывода отчёта на веб-странице

Для сбора информации используются некоторые глобальные переменные, такие как `$ip=$_SERVER['REMOTE_ADDR']`, которая определяет IP-адрес пользователя, `$browser=$_SERVER['HTTP_USER_AGENT']` — браузер, `$ref=$_SERVER['HTTP_REFERER']` — страница, с которой был совершен переход, `$url=$_SERVER['REQUEST_URI']` — посещенная страница, `$lang=$_SERVER['HTTP_ACCEPT_LANGUAGE']` — язык браузера.

Заключение. На основании проведенного тестирования и анализа возможностей разработанного программного продукта можно сделать вывод, что он может быть полезен пользователям, занимающимся администрированием сайтов. С помощью данной программы достаточно удобно следить за наиболее посещаемыми страницами сайта и популярностью веб-ресурса в целом.

УДК 004.9

А. Н. Саганович, С. А. Попова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ДИСПЕТЧЕРА ПРЕДПРИЯТИЯ «ИВАЦЕВИЧСКОЕ ЖКХ»

Введение. Создание автоматизированных рабочих мест позволяет эффективно обрабатывать большие потоки информации, которые имеют определенную структуру, зависящую от особенностей места применения. Это позволяет осуществлять индивидуальный подход к автоматизации именно тех функций, которые выполняются данным подразделением. Введение на предприятии автоматизированных рабочих мест позволяет значительно сократить время выполнения работ и повысить их точность, облегчить труд специалистов [1].

Основная часть. Актуальность выбранной темы заключается в том, что разработка и создание специализированного программного обеспечения по автоматизации рабочего места диспетчера ЖКХ приведет к замещению журнальной формы ведения отчетов, что значительно упростит учет данных, а также сократит затраты времени на оформление документов, обработку, анализ и поиск данных. На сегодня существует потребность предприятия в программном продукте, который имел бы следующие возможности: администрирование и конфигурирование системы; создание учетных записей пользователя; обращение к данным по сети; составление документов различных форм отчетности; добавление, редактирование, поиск, удаление данных и т. д.

Для разработки программного продукта выбран язык программирования C# с использованием системы управления базами данных (СУБД) MySQL.

После запуска приложения пользователю будет предложено ввести логин, пароль, а также, если требуется, IP-адрес компьютера, на котором располагается СУБД, и порт соединения. Представим вид окна подключения базы данных (рисунок 1).

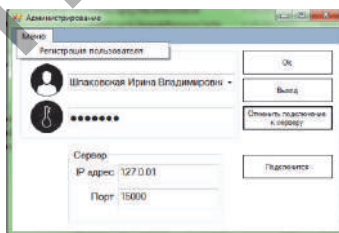


Рисунок 1 — Подключение к базе данных

Если соединение с СУБД прошло успешно, то появится главное окно (рисунок 2).

Главное окно программы разделено на две области: 1) главное меню; 2) раздел для просмотра, редактирования, удаления и добавления данных.

Главное меню включает в себя следующие пункты: 1) «Главная» — содержит кнопки «Смена диспетчера» и «Выход»; 2) «Справочник» — содержит ряд таблиц для работы в приложении; 3) «Помощь» — содержит вызов справки; 4) «Поиск» — содержит форму для поиска по критериям; 5) «Генерация отчета в MS Excel» (MS Word) — вывод данных в MS Excel или MS Word соответственно.

Для добавления записей в таблицу необходимо нажать на правую кнопку мыши и выбрать из списка пункт «Добавить заявку». После этого откроется диалоговое окно для работы с полями, в которые нужно занести данные (рисунок 3).

Для редактирования данных в таблице (рисунок 4) необходимо выбрать соответствующую запись и нажать кнопку «Изменить».

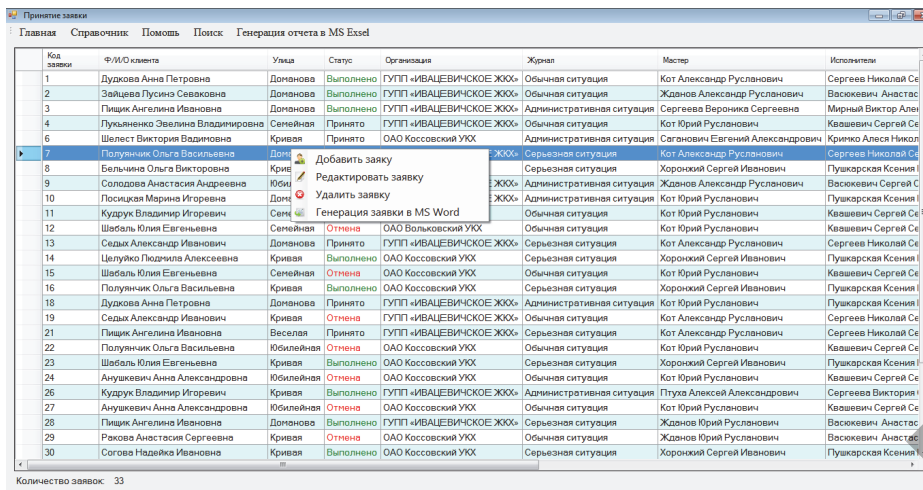


Рисунок 2 — Главное окно

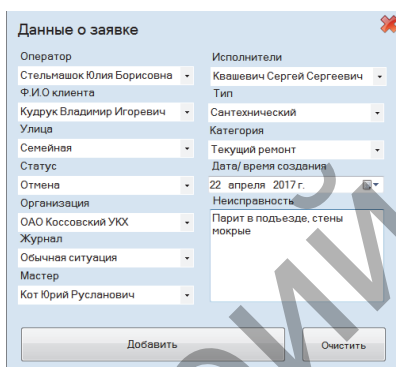


Рисунок 3 — Добавление новой записи

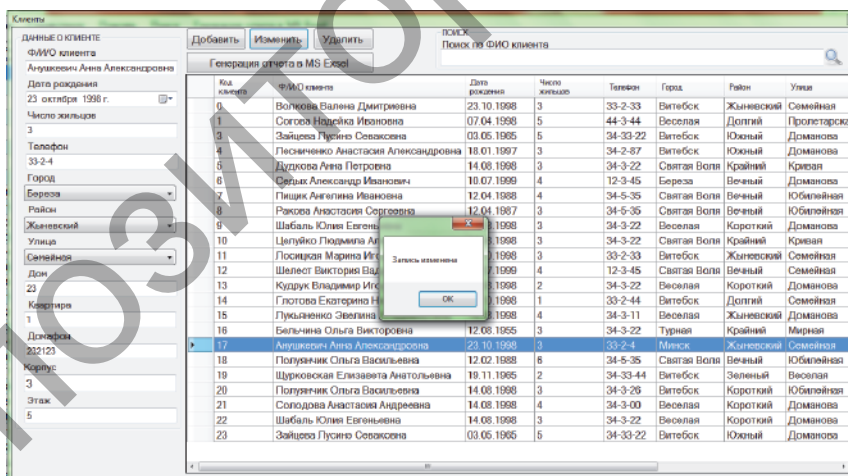


Рисунок 4 — Редактирование записи

В приложении имеется инструкция по применению, возможность поиска информации по соответствующему критерию, экспорта данных в MS Excel или MS Word, а также удаления записей из таблицы.

Заключение. На основании проведенного тестирования и анализа возможностей разработанного программного продукта можно сделать вывод, что он является вполне конкурентоспособным на рынке современных систем автоматизации, позволяет повысить производительность труда работников, уменьшить временные затраты и эффективно распределить рабочее время.

Список цитируемых источников

1. Организация автоматизированных рабочих мест [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gulnaraspt2012.narod.ru/u006.htm>. — Дата доступа: 02.10.2017.

О ПРИМЕНЕНИИ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ САРТСНА

Введение. Кластеризация (или кластерный анализ) — это задача разбиения множества объектов на группы (кластеры). Внутри каждого кластера в итоге должны оказаться «подобные» объекты, а объекты разных кластеров должны быть как можно более отличны друг от друга.

Применение кластерного анализа в общем виде сводится к следующим этапам: 1) отбор выборки объектов для кластеризации; 2) определение множества факторов и свойств, по которым будет дана оценка объектам в выборке. При необходимости нужно будет провести нормализацию значений этих факторов и свойств объектов; 3) вычисление коэффициента сходства между объектами; 4) применение метода кластерного анализа для создания кластеров.

САРТСНА (англ. Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart) — компьютерный тест, используемый для того, чтобы определить, кем является пользователь системы: человеком или компьютером. В наиболее распространённом варианте САРТСНА пользователь вводит символы, изображённые на рисунке (зачастую с добавлением помех), но так, чтобы машинное распознавание текста было максимально трудоёмким и невозможным.

Основная часть. Реализация приложений, связанных с автоматической обработкой данных из разных источников, находящихся на различных веб-ресурсах (веб-страницах, сайтах, порталах, страницах социальных сетей и т. д.) является очень актуальной и достаточной сложной задачей. Кроме самой сложности «парсинга» и обработки данных этих ресурсов существует и другая проблема. Эта сложность связана с нежеланием некоторых владельцев ресурсов давать доступ таким автоматизированным системам к своей информации. Причины могут быть различными: сильная нагрузка на сервер, нежелание делиться огромными объёмами информации и т. д. Для решения данной задачи была придумана система тестирования САРТСНА, главной задачей которой является определение, является ли пользователь живым человеком или машиной. Но технологии в области распознавания изображений не стоят на месте. Стоит отметить, что в настоящее время некоторые «устаревшие» виды САРТСНА можно распознавать, обучив этому компьютерное приложение.

Для исследований была выбрана САРТСНА (рисунок 1), обладающая следующими сложностями при распознавании: 1) при каждой новой генерации цвета символов и цвета заднего фона могут отличаться. Цвета при этом имеют разницу в оттенках на различных участках изображения; 2) при каждой новой генерации символы могут иметь разный угол наклона и толщину; 3) в каждой генерации существует волнистая линия (главная помеха), которая пересекает все символы по горизонтали изображения и имеет такой же оттенок цвета, как и символы.



Рисунок 1 — Примеры исследуемой САРТСНА

Также стоит отметить некоторые положительные факторы САРТСНА (см. рисунок 1), которые важно применить для увеличения эффективности её распознавания. Большинство факторов были исследованы путём глубокого анализа достаточно большой выборки генераций САРТСНА:

- 1) в каждой генерации присутствует ровно четыре символа латинского алфавита либо цифры. Иные символы либо их количество невозможны;
- 2) САРТСНА содержит символы верхнего и нижнего регистра, однако ресурс, поддерживающий его, регистру значения не придаёт;
- 3) во избежание сложностей при распознавании человеком некоторые символы латинского языка и цифры отсутствуют (никогда не генерируются);
- 4) даже при наличии угла наклона и различий в толщине сам шрифт (очертания и шаблон) символов при каждой генерации остаётся неизменным;
- 5) ни в одной из генераций не было обнаружено никаких других помех, шумов, искривлений и графических эффектов, кроме горизонтальной волнистой линии;
- 6) линия (помеха) хоть и является кривой, но всё же имеет свою закономерность, которую можно описать математической формулой (для каждой генерации, имеющей свои коэффициенты, которые необходимо вычислить);
- 7) цвет всего фоновое изображения (и его оттенков) сильно отличается от цвета (и оттенков) символов, притом количество пикселей фона всегда больше, чем количество пикселей символов;

8) в каждой генерации линия всегда касается левого и правого концов изображения, символы же напротив, никогда этого не делают.

Опираясь на все преимущества и недостатки (в смысле распознавания) выбранной САРТСНА, можно выделить последовательность действий, необходимых для её распознавания:

1) для более удобного манипулирования данными было принято решение обрабатывать данные не самого изображения, а бинарной матрицы, в который за «0» принято считать пиксель заднего фона изображения, а за «1» — пиксель символов. Для создания такого рода матрицы был применён алгоритм кластеризации данных (фактором отбора является цвет пикселя), который распределяет символы на два кластера. Кластер с большим количеством пикселей — это фон изображения, а с меньшим — символы;

2) для более точного и эффективного распознавания данных необходимо отделить символы друг от друга и впоследствии работать с ними по отдельности. Для этого был применён алгоритм кластеризации данных, разбивающий матрицу на четыре кластера. За фактор сравнения были взяты координаты осей матрицы.

За помеху в данном случае можно считать волнистую линию, проходящую по горизонтали. Так как мы рассматриваем теперь каждую букву по отдельности, то для того, чтобы найти начало этой линии для следующего символа, необходимо передавать координаты от конца линии предыдущего символа.

Началом линии для первого символа всегда будет самый левый пиксель изображения. (После вычисления линий на изображениях при помощи математических формул для сплайнов n -го порядка очень важно отметить, что необходим дополнительный алгоритм, который отслеживает пересечения линия с другими объектами. Это имеет критическую важность в том случае, если линия на некотором участке является одновременно и частью символа (рисунок 2).

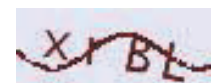


Рисунок 2 — САРТСНА с линией, часть которой является частью символа

Для окончательного определения символа, который находится на изображении, необходимо методом последовательного сравнения сопоставлять полученное изображение с заготовленными заранее шаблонами символов и определять коэффициент попадания. Символ, имеющий наиболее высокий коэффициент попадания, считается тем, который находится на изображении.

Заключение. За время исследования были поставлены задачи изучения и нахождения решения для распознавания САРТСНА определённого вида. Был предложен вариант использования алгоритмов кластерного анализа для фильтрации цвета и разделения символов изображения на отдельные элементы.

На данном этапе распознавание САРТСНА реализовано с точностью в 25% и нуждается в некоторой доработке. Главными рисками падения эффективности являются алгоритмы разделения символов и удаления линии.

УДК 004.922

М. Ю. Сеч, А. И. Калько

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОМЕЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ QR-КОДОВ

Введение. В последнее время всё более актуальной становится проблема навигации внутри помещений, а также предоставления посетителям услуг, основанных на их местоположении (LBS, Location-based service) и предпочтениях. Здания становятся всё более объёмными и нередко имеют довольно сложную структуру, ориентироваться в которой могут лишь те, кто постоянно посещает такие здания, а для неподготовленного человека ориентирование в таких местах превращается в пытку.

Кроме того, решения, применяемые в indoor-навигации (навигации внутри помещений), помогают и в ориентировании вне зданий, на улице — там, где в условиях плотной застройки использование систем спутниковой навигации затруднено (нет спутников в прямой видимости, присутствует только отражённый/ослабленный/зашумленный сигнал GPS/Глонасс и т. д.). Особенно эта проблема актуальна для Японии с высокой плотностью городской застройки.

Основная часть. Основным недостатком систем спутникового позиционирования — проблематичность их применения в закрытых помещениях, в результате чего приходится искать иные пути решения проблемы indoor-навигации. Их несколько [1]:

1) навигация по вай-фай. Используется уже существующая инфраструктура сетей связи — точки беспроводных сетей вай-фай, и это наименее затратный вариант. Методика определения координат следующая: устройство пользователя сканирует доступные точки доступа вай-фай, затем информацию о них отправляет на сервер, где эти данные по базе данных сопоставляются с координатами этих точек доступа, по которым и вычисляются координаты пользователя. К сожалению, координаты точек вай-фай точно не известны, плюс могут меняться (перенесли вай-фай точку в другое место или заменили её на другую — координаты уже оказываются неверными). Точность при таком подходе оставляет желать лучшего (погрешность — до 25 м! А при использо-

вании специально созданной инфраструктуры вай-фай — точность 3—5 м, но это уже требует ощутимых затрат на создание и обслуживание подобной системы), да и идентифицировать клиентов по вай-фай, привязывая их расположение к карте помещений, проблематично: начиная с iOS 8, mac-адреса Apple-устройств (iPhone, iPad) постоянно меняются для предотвращения «рекламной» слежки;

2) геомагнитное позиционирование основано на ориентировании по магнитному полю Земли и базируется на геомагнитных аномалиях как критериях для геомагнитного позиционирования (аномалии возникают вследствие неоднородности геомагнитного поля). Заключается в фиксации геомагнитных аномалий и нанесении их на карту территории, на которой предполагается ориентироваться. В дальнейшем навигация производится по составленной карте устройством, в которое встроены магнитометр. Практический пример реализации — система IndoogAtlas команды учёных из финского университета Оулу. Недостатки: высокая сложность реализации, невысокая точность. В помещениях очень много динамически меняющихся магнитных аномалий (проводка, поле в которой меняется в зависимости от подключённой нагрузки и сильно меняет конфигурацию магнитного поля вокруг себя, посетители со своими радиоэлектронными устройствами, стеллажи, тележки), сильно усложняющих навигацию, основанную на указанном способе ориентирования в пространстве;

3) системы спутниковой навигации (GPS/Глонасс и т. д.), инерциальные навигационные системы (ИНС) применимы, когда периодически появляется сигнал систем спутниковой навигации, например, проезд по тоннелю: когда въезжаем в тоннель, нам ещё доступны актуальные координаты и направление движения с GPS/Глонасс-спутников, далее при въезде в тоннель мы теряем сигнал и используем уже ИНС (на базе акселерометра, гироскопа, магнитометра), которая использует в качестве начальных условий последние актуальные данные с GPS/Глонасс до потери связи со спутником и поддерживает их актуальность на основе получаемых с датчиков данных о текущей скорости/ускорении/направлении движения до возобновления связи со спутниками. Стоит принимать во внимание, что в ИНС ошибки постоянно накапливаются, и со временем данные, полученные с ИНС, становятся все более и более отличными от действительности;

4) ориентирование по базовым станциям операторов сотовой связи (GSM). В зоне видимости сотового телефона / GSM-модема постоянно находится как минимум одна базовая станция GSM, а обычно — несколько. Координаты расположения этих базовых станций известны (благодаря многочисленным навигационным сервисам, например Яндекс. Навигатор-приложение получает информацию о видимых вашим телефоном базовых станциях и текущем вашем положении по GSM/Глонасс и отправляет эти сведения в Яндекс, где на основе этих данных строится база соответствий «Базовая станция-координаты», к которой имеется свободный доступ через предоставляемое API). Отправляем в модем команду AT+CREG=2, в результате чего начинаем получать сообщения +CREG: с информацией о текущей подключённой базовой станции — LAC и CELLID (соответственно, код зоны и идентификатор базовой станции). Отправив эти данные на один из специальных сервисов (предоставляемый Яндекс, Google и другими компаниями), получаем координаты этой базовой станции. Многие модемы позволяют получить список видимых базовых станций с указанием их LAC и CELLID, остаётся только через базы данных с координатами базовых станций получить их координаты и методом триангуляции определить свое примерное местоположение. Минус — невысокая точность (базовая станция может быть удалена на расстояние 35 км от пользователя, некоторые базовые станции являются мобильными и постоянно меняют свою дислокацию);

5) использование Bluetooth-маячков Vecon даёт достаточную точность при приемлемом уровне финансовых затрат; перспективная технология, которая активно развивается, поэтому именно на iVeason остановимся подробно в следующем разделе и реализуем на практике;

6) навигация, основанная на синергетическом эффекте, решает задачу определения текущего местоположения, используя все (или большинство) из перечисленных выше способов. Эффективность достигается за счёт того, что мы используем сразу несколько векторов определения координат, что способствует компенсации ошибок и повышению точности определения координат. На реализацию подобной системы, кстати, в прошлом году фондом развития центра разработки и коммерциализации новых технологий «Сколково» был выделен грант в 1 млн дол. США.

Перечисленные методы сложны в реализации и требуют слишком много денежных средств. Поэтому был разработан алгоритм построения маршрута на основе нахождения местоположения по QR-коду.

Алгоритм определения геоположения в здании работает следующим образом [2]: 1) пользователь при помощи своего устройства считывает данные QR-кода в здании; 2) QR-код преобразует зашифрованные данные в координаты местоположения в помещении; 3) пользователь вводит необходимый кабинет для дальнейшего следования в здании; 4) приложение составляет маршрут и выдает указания следования пользователю в виде панорамных снимков с указанием движения.

Заключение. Разработанный проект может быть использован на различного рода предприятиях для навигации в зданиях.

Список цитируемых источников

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Радиотехника, 2010. — 800 с.
2. Documentation QR [Electronic resource] / QR. — Access mode: <http://www.qr.io/>. — Date of access: 15.09.2017.

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение. Развитие и внедрение информационных технологий и компьютерной техники привело к появлению новых методов и средств диагностики и визуализации. У врача появились новые возможности целенаправленно воздействовать на процесс визуализации медицинского изображения для качественной диагностики. В настоящее время врачу, в зависимости от вида обследования, часто требуется самостоятельно определять алгоритм обработки изображений, а для этого ему необходимо предоставить инструментарий, позволяющий проводить такую обработку в минимально сжатые сроки.

Возможности современных компьютеров и графических средств визуализации позволяют удовлетворять практически любые запросы, связанные с обработкой медицинских изображений, а инструментарием для постановки диагноза может служить рабочая станция с программно-аппаратным обеспечением обработки и визуализации медицинских изображений [1].

Основная часть. Медицинские исследования на основе современных методов визуализации позволяют заглянуть внутрь объектов живого организма и диагностировать его состояние. Решение этой задачи предусматривает ряд этапов обработки изображения в целях анализа и распознавания объектов. Формирование изображений в различных устройствах и их дальнейшая передача по разным каналам провоцируют искажения, поэтому первым этапом обработки изображений является фильтрация или устранение низкочастотного шума. Этот этап позволяет отличить интересующие нас объекты от всех других и от фона. Анализ публикаций показывает, что наиболее эффективными в практическом плане являются модели аддитивного Гауссова и импульсного шума.

Аддитивный Гауссов шум характеризуется добавлением к каждому пикселю изображения значений из соответствующего нормального распределения с нулевым средним значением. Такой шум появляется в устройствах формирования цифровых изображений. Импульсный шум характеризуется заменой части пикселей значениями фиксированной или случайной величины. Этот шум связан с потерями при передаче изображений по каналам связи. В реальном изображении можно встретить как аддитивный, так и импульсный шум, такой шум называют комбинированным. Все виды фильтров можно разделить на классы: частотные, линейные, нелинейные, комбинированные, гибридные и адаптивные. Выбор фильтра зависит от характеристик изображения и шума [2].

Последующие за фильтрацией этапы предусматривают использование таких методов обработки изображений, как сегментация, выделение границ областей. Каждый метод обработки основывается на использовании некоторых числовых характеристик изображения и их функциональных особенностях [3].

Сегментация связана с разделением изображения на области, для которых выполняется определенный критерий однородности, например, выделение на изображении областей приблизительно одинаковой яркости. Понятие области изображения используется для определения связанной группы элементов изображения, имеющих определенный общий признак (свойство). Один из основных и простых способов — это построение сегментации с помощью порога. Порог — это признак (свойство), который помогает разделить искомый сигнал на классы. Операция порогового разделения заключается в сопоставлении значения яркости каждого пикселя изображения с заданным значением порога. Представим блок-схему алгоритма сегментации, основанного на разнице «нулевых» уровней вейвлет-преобразований (рисунок 1).

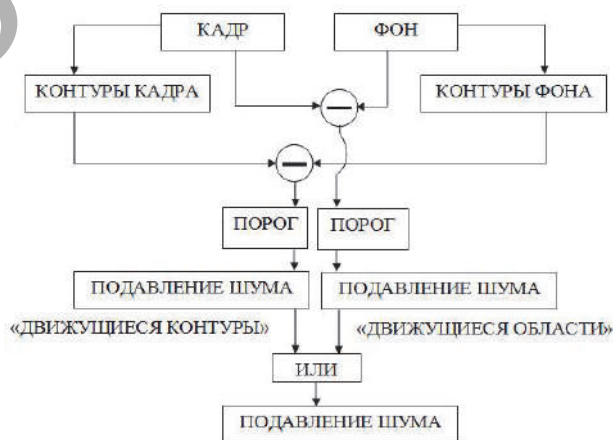


Рисунок 1 — Блок-схема алгоритма сегментации, основанного на разнице «нулевых» уровней вейвлет-преобразований

Выделение границ поиска основывается на алгоритмах, которые выделяют точки цифрового изображения, в которых резко изменяется яркость или есть другие виды неоднородностей. Основной целью обнаружения резких изменений яркости изображения является фиксация важных событий и изменений. Они могут отражать различные предположения о модели формирования изображения. Так, изменения в яркости изображения могут указывать на изменения глубины, изменения ориентации поверхностей, изменения в свойствах материала, различие в освещении [4].

В идеальном случае результатом выделения границ является набор связанных кривых, обозначающих границы объектов, граней и оттисков на поверхности, а также кривые, которые отображают изменения положения поверхностей. Таким образом, применение фильтра выделения границ к изображению может существенно уменьшить количество обрабатываемых данных из-за того, что отфильтрованная часть изображения считается менее значимой, а наиболее важные структурные свойства изображения сохраняются. Однако не всегда возможно выделить границы в картинах реального мира средней сложности. Границы, выделенные из таких изображений, часто имеют недостатки: фрагментированность (кривые границ не соединены между собой), отсутствие границ или наличие ложных, не соответствующих исследуемому объекту, границ [5].

Методы выделения границ можно разделить на две категории: методы, основанные на поиске максимумов, и методы, основанные на поиске нулей. Методы, основанные на поиске максимумов, выделяют границы с помощью вычисления «силы края», обычно выражения первой производной, такого как величина градиента, и затем поиска локальных максимумов «силы края», используя предполагаемое направление границы, обычно перпендикуляр к вектору градиента. Методы, основанные на поиске нулей, ищут пересечения оси абсцисс выражения второй производной, обычно нули лапласиана или нули нелинейного дифференциального выражения.

Для того чтобы оценить величину градиента изображения или его сглаженной версии, можно применить различные операторы градиента. Простейший подход — использовать центральные разности:

$$L_x(x, y) = -1/2 \times L(x-1, y) + 0 \times L(x, y) + 1/2 \times L(x+1, y),$$

$$L_y(x, y) = -1/2 \times L(x, y-1) + 0 \times L(x, y) + 1/2 \times L(x, y+1),$$

соответствующие применению следующих фильтров к изображению:

$$L_x = \begin{bmatrix} -1/2 & 0 & 1/2 \end{bmatrix} \times L \text{ and } L_y = \begin{bmatrix} +1/2 \\ 0 \\ -1/2 \end{bmatrix} \times L.$$

Оператор Собеля основывается на следующих фильтрах:

$$L_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \times L \text{ and } L_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \times L.$$

Получив такие оценки, мы можем вычислить величину градиента следующим образом:

$$|\nabla L| = \sqrt{L_x^2 + L_y^2},$$

а направление градиента вычисляется так:

$$\theta = \text{atan2}(L_y, L_x).$$

В ходе проведения анализа было решено разработать программно-алгоритмическое обеспечение для обработки медицинских изображений.

Заключение. Были рассмотрены следующие основные этапы обработки графических медицинских изображений: 1) модели устранения шумов с изображений и виды фильтров, применяемых для их устранения; 2) сегментация изображения; 3) способы выделения границ областей.

В результате была выявлена необходимость разработки программного обеспечения для обработки медицинских графических изображений, которое позволит более точно анализировать результаты компьютерной томографии, флюорографии и других видов медицинских исследований. Это позволит диагностировать различные виды заболеваний с более высокой степенью точности и объективности.

Список цитируемых источников

1. Павлидис, Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Т. Павлидис. — М. : Радио и связь, 1986. — 399 с.
2. Кудрявцев, Л. В. Краткий курс математического анализа / Л. В. Кудрявцев. — М. : Наука, 1989. — 736 с.
3. Анисимов, Б. В. Распознавание и цифровая обработка изображений / Б. В. Анисимов, В. Д. Курганов, В. К. Злобин. — М. : Высш. шк., 1983. — 295 с.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М. : Техносфера, 2005. — 1007 с.
5. Неймарк, Ю. И. Многомерная геометрия и распознавание образов / Ю. И. Неймарк. — М. : МАТЕМАТИКА, 1996. — 123 с.

УДК 004.896

А. А. Цуканов, И. А. Камленок

Учреждение образования «Барановичский государственный университет» Барановичи

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОБОТОТЕХНИКИ

Введение. Робототехника в современном мире является достаточно важной его частью. Совершенствованию которой уделяется особое внимание ввиду пользы, которую она приносит человечеству. Промышленность, медицина, военно-промышленный комплекс, сельское хозяйство — лишь немногие примеры сфер, где робототехнические механизмы нашли обширное применение. Однако робототехническая отрасль, несмотря на все достижения, не является совершенной и имеет массу проблем самого разного плана [2].

Основная часть. Как считают специалисты компании Google, выделяются такие современные проблемы робототехники: необходимость поиска путей предотвращения негативных последствий действия машин (чтобы машины в процессе деятельности самостоятельно избегали ломать что-либо); вероятность мошенничества со стороны робототехнических машин (касается наделенных искусственным интеллектом (далее — ИИ)) или ненадлежащего выполнения ими поставленных задач; определение оптимальной степени надзора за роботами (ИИ должен действовать достаточно самостоятельно и не злоупотреблять человеческим вниманием); вопросы безопасной деятельности машин (обучение предотвращать действия, если они заведомо причинят ущерб); создание возможностей для функционирования в новой среде с принципиально иными условиями (ИИ робототехники должен действовать исходя из актуальных данных и условий) [2].

Хоть мы и называем роботов умными, в действительности этого самого ума им и не хватает. Сейчас они способны выполнять лишь определенные действия, запрограммированные их создателями, и крайне не самостоятельны. Да, они могут, скажем, убрать со стола посуду и отвезти ее в посудомойку. И они будут это делать до тех пор, пока не случится нечто непредвиденное, например, незапланированная преграда на пути. Или столкновение с агрессивным клиентом, если речь идет о роботах-уборщиках в отелях (подобных, кстати, тестируют в японском ANA Crowne Plaza Nagita). Гостиничный персонал обычно обучают тому, как вести себя в подобных ситуациях. Плюс люди сами способны ориентироваться. Робот пока таким талантом не обладает. В этом же и одна из причин того, что на данный момент роботы не востребованы на рынке (за исключением промышленных моделей, чат-ботов и др.).

Самый мощный на сегодня ИИ — IBM Watson. Эта система способна понимать человеческую речь, отвечать на вопросы, даже самые сложные, на основе анализа огромных пластов информации в своей базе данных. Watson уже используют для диагностики заболеваний, а также для обучения студентов. Но проблема в том, что ответы, предоставляемые системой, очень специфичны. Система мыслит теми категориями, которые она «вычитала» в своей базе данных, и не воспринимает малейшие отклонения, что во многих случаях может быть критично. Но все же Watson учится на ошибках и со временем действительно способен стать сверхинтеллектом [3].

Проблема стабилизации положения воздушных аппаратов, качки судов, стабилизации и повышения безопасности автотранспорта, особенно двухколесного, чрезвычайно актуальна на современном уровне развития техники [1].

Также проблема перемещения шагом не решена для широкого класса устройств повышенной проходимости, использующих принцип ходьбы для перемещения. По мнению ведущих университетов и компаний-аналитиков США, выраженных в отчете A Roadmap for US Robotics 2016, «чтобы оптимизировать автоматизацию процессов логистических цепочек в мире, роботы должны иметь подвижность, соответствующую уровню человека: роботы должны уметь преодолевать лестницы, эскалаторы, дверные проемы, бордюры, обломки бетона, непредсказуемую среду и двигаться так же, как люди. Такой тип расширенной мобильности возможен для роботов, снабженных ногами».

Следующая проблема — передвижение по сильно пересеченной местности в условиях низкой или отсутствующей гравитации. Существующие роверы, работающие на Марсе и на Луне, не могут преодолевать сильно пересеченную, каменистую, скалистую и холмистую местности, сейчас для подобных задач требуется астронавт.

В целом рынок отечественной робототехники пока сильно отстает от мирового, и это системный вопрос. По данным НАУРР, Россия потребляет 0,25% мирового рынка промышленных роботов, которые появляются на

производстве в последнюю очередь: в приоритете у российских предпринимателей энергосберегающее производство. На сегодня в России нет взвешенной государственной программы на развитие робототехники. В Китае, например, стратегически важные для развития страны предприятия освобождаются от налогов, получают субсидии на строительство новых производств и модернизацию существующих, получают поддержку по привлечению инвестиций. Тем не менее в прошлом году по инициативе президента был создан Национальный центр развития технологий и базовых элементов робототехники, а «Сколково» активно вкладывается в робототехнические компании [1].

Чтобы появилась инфраструктура, нужен запрос от производства. Например, Adidas перенесли из Азии производство в Германию и полностью автоматизировали. Так, полный производственный цикл кроссовок занимает около 5 ч, тогда как аналогичный процесс традиционным путем потребует нескольких недель. Подобные заводы уже строят Nike и Under Armour. Объединение автоматизации и локализации производства — это революция в производственном процессе, с которой невозможно конкурировать. «Отечественные производители не переходят на робототехническое производство, поскольку это требует инвестиций, и достаточно больших, а прецедентов в виде обанкротившихся из-за технологической отсталости компаний нет», — отмечает Павел Фролов, продюсер робототехнического образовательного проекта «РОББО». Индустрию двигает автомобилестроение: для автозаводов важна не только экономическая целесообразность, но и высокий уровень качества сборки.

«Игроки российского рынка хай-тек отмечают незаинтересованность большей части населения в новых технологиях. Многие зачастую даже испытывают подсознательный негатив, недоверие и предубеждение по отношению к любым концептуально новым подходам и продуктам, даже если они недороги, полезны и высокого качества», — подчеркивает Иван Медведков [1].

Заключение. У робототехники есть возможные перспективы. Робототехника, ИИ, умный дом — все это находится в самом начале пути своего развития. Многие еще будет переосмыслено, какие-то наши представления перевернутся с ног на голову. Кто-то пророчит появление своего Стива Джобса в сферах ИИ и робототехники. Кто-то не верит в успех и полагает, что еще несколько поколений человечество не увидит существенного продвижения в технологиях. Однако важные проблемы всплывают уже сейчас, и чем быстрее прогресс придет к их решению, тем ближе станет будущее.

Список цитируемых источников

1. Точки роста. Какие проблемы робототехники и интернета вещей решают сейчас [Электронный ресурс] / Аналитика. — Режим доступа: http://robotoved.ru/tochki_rosta. — Дата доступа: 08.10.2017.
2. Производственное объединение «Зарница». Робототехника в современном мире. Актуальные проблемы робототехники [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://zarnitza.ru/stati/robototexnika-v-sovremennom-mire-aktualnye-problemy-robototexniki>. — Дата доступа: 08.10.2017.
3. Robotics Expo. Проблемы современной робототехники: какие есть и как решают? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://robot-ex.ru/ru/article/problemi-sovremennoy-robototexniki-kakie-est-i-kak-reshayut-66842>. — Дата доступа: 08.10.2017.

УДК 004.946

В. С. Чухольский

Белорусский государственный университет, Минск

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Введение. Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) — это технология, позволяющая совмещать слой виртуальной реальности с физическим окружением. Основной целью применения данной технологии является предоставление пользователю дополнительной информации об окружающих объектах. С технической точки зрения дополненная реальность базируется на применении индивидуальных средств отображения окружающей действительности, таких как мобильные устройства, шлемы и очки дополненной реальности. В рамках данной статьи будут рассмотрены примеры эффективного внедрения AR-технологии в производственный процесс, а также основные платформы разработки.

Основная часть. В последние годы технология дополненной реальности нашла широкое применение в следующих областях: реклама (рекламная кампания Lulux в Лондоне и Бирмингеме в 2011 году [1]), маркетинг (мобильное приложение «Каталог ИКЕА»), мобильные и компьютерные игры, медицина, военное дело, транспорт. Что же касается настоящего времени, то наблюдается тенденция активного внедрения дополненной реальности в сферу промышленности. Это прежде всего связано с открывающимися возможностями информационного сопровождения работников, выполняющих сложные операции над изделиями. В основе сопровождения лежит использование применяемых в промышленности 3D-моделей в дополненном пространстве.

В последние десятилетия в промышленности, машиностроении и строительстве активно применялось создание и использование 3D-моделей, развивался рынок промышленных CAD/CAM/CAE-приложений и PDM/PL-систем. Представить современное производство без 3D-моделирования практически невозможно.

Рассмотрим применение AR-технологии на отдельных этапах жизненного цикла изделия.

Наиболее активное применение 3D-моделей высокой сложности наблюдается на этапах проектирования и инженерного анализа. Однако применение дополненной реальности на этих этапах не принесет существенного эффекта, поскольку объект пользователя CAD/CAM/CAE является виртуальным, а не реальным (проектируемое изделие, узел).

В отличие от этапов проектирования и инженерного анализа на этапе изготовления используются ранее созданные 3D-модели, а работы выполняются не в виртуальной, а в реальной среде. В этих условиях рациональное донесение дополнительной информации является одной из первостепенных задач. Ранее использовались печатные носители информации (поэтапные инструкции, технические документы), которые в свое время частично или полностью заменили цифровые технологии, что позволило уменьшить затраты на этапе контроля качества. Дополненная реальность может стать следующим шагом, позволяющим предоставить работнику всю необходимую информацию в режиме реального времени, проецируя ее непосредственно на изготавливаемую деталь. Для применения AR необходимо снабдить работника средствами визуализации с установленными приложениями дополненной реальности. Это могут быть мобильные устройства (планшет, смартфон), носимые шлемы дополненной реальности (Head Mounted Devices) или очки виртуальной реальности.

Также следует отметить широкие возможности применения технологии дополненной реальности на этапе эксплуатации изделия. AR-технология активно применяется при управлении военной техникой и летательными средствами, позволяя выводить необходимую информацию в доступном и удобном виде.

Переходя к вопросу о разработке, отметим что первыми сферами применения AR являлись разработка игр и реклама. В этих условиях 3D-модели виртуальных объектов создавались в таких конструкторах, как Autodesk 3ds и OpenSpace3d. Сами модели представляли собой абстрактные полигональные 3D-модели, которые не подходят для применения в реальном производстве.

Тем не менее, взяв за основу практику применения технологии дополненной реальности в промышленных проектах, а также учитывая возможность использования промышленных моделей, удалось выделить ряд платформ разработки приложений, подходящих для промышленного применения [2; 3].

D’Fusion Computer Vision SDK — платформа разработки решений в области дополненной реальности от французской компании Total Immersion. Основной особенностью платформы является функция интегрирования интерактивной 3D-графики в транслируемый видеопоток в режиме реального времени. С этой целью используется язык .xml, а для импорта созданных во внешних системах 3D-моделей — форматы .obj и .pts. Платформа D’Fusion работает на MS Windows, iOS и Android. Базовым «движком» является Unity3D. Одним из недостатков данной конфигурации является необходимая трансляция промышленных моделей в рабочий формат движка.

Metaio SDK — платформа разработки решений от немецкой компании Metaio (приобретена в мае 2015 года компанией AppleInc.). Одним из наиболее крупных проектов Metaio является контракт с концерном Volkswagen. Совместная работа двух компаний позволила реализовать проект MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance), который предоставлял информационную поддержку сервисного обслуживания концепт-кара VWXL1 с использованием технологии дополненной реальности. Как и большинство AR-платформ, Metaio работает с «движком» Unity3D.

Vuforia — платформа разработки от компании PTC (до 2015 года — от компании Qualcomm). Vuforia предоставляет два решения: VuforiaSDK и VuforiaStudioEnterprise. Основным отличием VuforiaStudioEnterprise является использование облачного хранилища знаний и собственного движка, который позволяет работать с промышленными моделями напрямую, без трансляции данных.

EnTiTi — платформа дополненной реальности, разработанная компанией WakingApp (партнерская компания Autodesk). В качестве основного движка используется 3dMax. Решение позволяет разрабатывать приложения как дополненной, так и виртуальной реальности. В ближайшее время планируется добавить поддержку устройств серии HoloLens. Примером проекта с использованием EnTiTi-платформы может служить приложение VRED 3D, позволяющее создавать миниатюрные макеты автомобилей.

Заключение. В последние годы наблюдается повышенный интерес лидеров современной промышленности к технологии дополненной реальности. Ее применение теперь не ограничивается рекламными и маркетинговыми акциями, а включает в себя процессы производства и сопровождения. Активное развитие платформ разработки и технологии в целом позволяет предположить, что дополненная реальность сможет стать реальным инструментом по повышению производительности.

Список цитируемых источников

1. Lynx Excite Angels Fall Augmented Reality [Electronic resource]. — Access mode: <https://vimeo.com/26880682>. — Date of access: 09.10.2017.
2. Дополненная реальность: возможности применения для поддержки полного жизненного цикла изделия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pts-russia.com/publications-menu/item/236-dopolnennaya-realnost-vozmozhnosti-primeneniya-dlya-podderzhki-polnogo-zhiznennogo-tsikla-izdeliya.html>. — Дата доступа: 09.10.2017.
3. CAD + Augmented & virtual reality [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/cad-augmented-virtual-reality>. — Date of access: 09.10.2017.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ НАПОЛНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Введение. Использование информационных систем и технологий позволило повысить эффективность работы различных служб. С ростом технологий стали востребованы файловые менеджеры на мобильных устройствах, а также программы для фильтрации медиаконтента. В основном для этих целей используются встроенные программы мобильных устройств, однако не все производители мобильных устройств создают файловые менеджеры.

Создание программного средства управления мультимедийным информационным наполнением мобильных устройств позволит пользователям гораздо проще искать медиаконтент на мобильном устройстве и управлять им.

Объектом исследования выступает процесс управления мультимедийным информационным наполнением мобильных устройств. Предмет исследования — программные средства, позволяющие управлять медиа-контентом мобильных устройств. Актуальность выбранной тематики работы обусловлена тем фактом, что не все производители мобильных устройств используют собственные файловые менеджеры.

Основная часть. Для разработки приложения использована среда Android Studio. Это интегрированная среда разработки для работы с платформой Android. Android Studio, основанная на программном обеспечении IntelliJ IDEA от компании JetBrains, — официальное средство разработки Android-приложений. На данный момент в Android Studio доступны функции по сборке приложений, основанных на Gradle, различных видов сборок и генерация нескольких .apk-файлов, рефакторинга кода, статического анализатора кода, позволяющего находить проблемы производительности, несовместимости версий и др. [1].

С учетом предъявляемых требований для разработки проекта будет использован язык высокого уровня Java. Java — строго типизированный объектно ориентированный язык программирования. Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java (JVM), — программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор.

Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина. Другой важной особенностью технологии Java является гибкая система безопасности, в рамках которой исполнение программы полностью контролируется виртуальной машиной. Любые операции, которые превышают установленные полномочия программы (например, попытка несанкционированного доступа к данным или соединения с другим компьютером), вызывают немедленное прерывание [2].

Программное средство имеет интуитивно понятный интерфейс. Представим главное окно запущенного приложения (рисунок 1).

В главном окне программы можно найти музыкальные файлы различных форматов (*.mp3, *.wav, и др.), видеофайлы (*.mp4, *.mkv, *.3gp), графические и различные текстовые файлы. Представим окно, в котором отображаются все аудиофайлы на устройстве (рисунок 2). Приложение автоматически многопоточно сканирует память устройства и SD-карты и выводит их список.

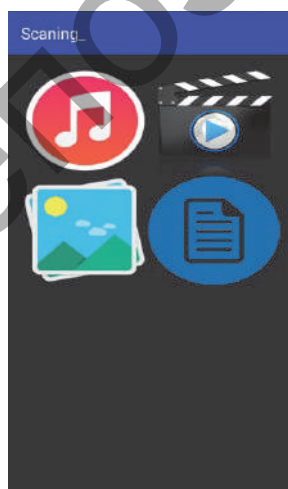


Рисунок 1 — Главное окно

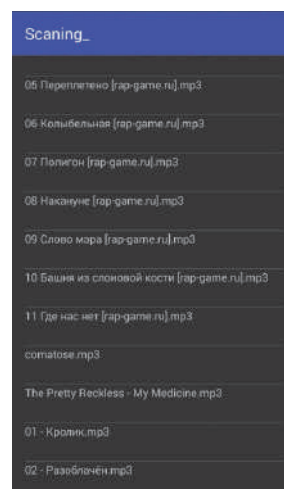


Рисунок 2 — Список аудиофайлов устройства

Можно осуществлять удаление файлов, переименование файлов, отображение информации о файле с адресом его хранения, а также отправку запроса сервисам приложений для их воспроизведения. Для открытия операций нужно сделать продолжительный «тап» по имени файла, для запуска — просто «тап» (рисунок 3). Аналогичные операции можно делать и с остальным медиаконтентом устройства.

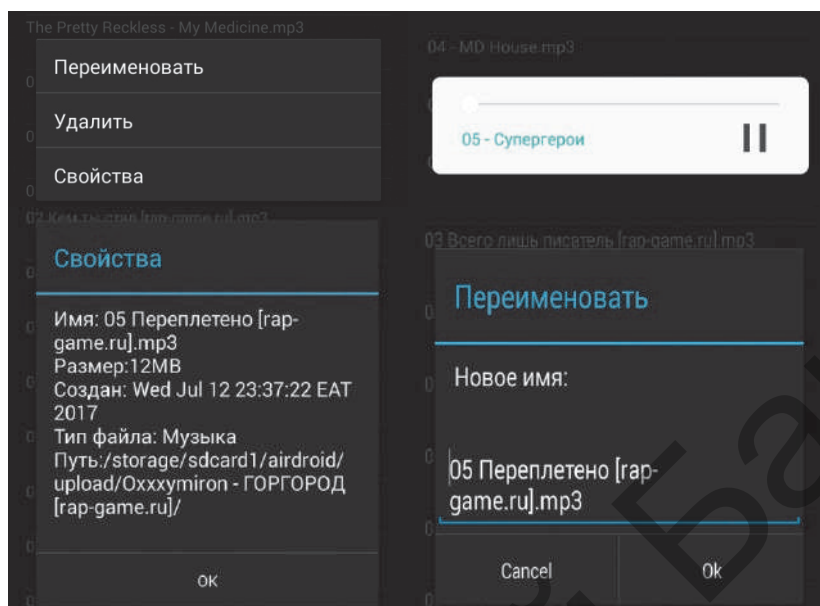


Рисунок 3 — Операции с файлами

Заключение. Разработанное приложение предназначено для управления мультимедийного информационного наполнения мобильных устройств Android. При использовании разработанной системы появляется возможность легко находить весь медиаконтент различного типа.

Список цитируемых источников

1. *Дейтел, П.* Android для программистов: создаем приложения / П. Дейтел, Х. Дейтел, М. Моргано. — СПб. : Питер, 2013. — 560 с.
2. *Васильев, А. Н.* Java. Объектно-ориентированное программирование для магистров и бакалавров : базовый курс по объектно-ориентированному программированию / А. Н. Васильев. — СПб. : Питер, 2012. — 396 с.

УДК 004.457

Е. Г. Шапович, А. В. Шапович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МОДУЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ШИН И АККУМУЛЯТОРОВ АВТОПАРКОВ НА 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3

Введение. В повседневной работе любого предприятия активно используются информационные технологии — комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных наук, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации с помощью вычислительной техники, и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практическое применение, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы [1].

В данной исследовании будет описана разработка автоматизированной системы учета шин и аккумуляторов для автопарков, позволяющая автоматизировать учет, тем самым оптимизировать работу сотрудников автопарков.

Основная часть. В качестве среды разработки приложения был выбран встроенный язык платформы 1С, так как предприятие использует комплекс программных средств фирмы 1С. Прежде всего, использование платформы 1С стоит рассматривать для решения тех задач, для которых она предназначена: автоматизации

управления и учета. Важный критерий выбора между 1С:Предприятием и универсальными средствами разработки — оценка затрат на разработку и сопровождение системы. Скорость разработки в 1С:Предприятии обычно выше в 2—10 раз и стоимость, соответственно, в разы ниже [2].

Режим «Конфигуратор» в 1С необходим для того, чтобы определить структуру базы данных, какие будут таблицы в базе данных, какие поля, их типы данных, а также она содержит в себе алгоритмы, которые определяют, как реагировать на те или иные действия оператора. В режиме «Предприятие» мы вводим данные. Все введенные пользователем документы, справочники в режиме «Предприятие» в целом — это данные 1С. Данные 1С хранятся в информационной базе данных и представлены в виде взаимосвязанных объектов (справочники, документы, регистры сведений, регистры накопления), а манипуляции с данными выполняет платформа автоматически. В информационной базе содержится как минимум две конфигурации: основная и конфигурация базы данных.

Представим общую схему метаданных системы учета шин и аккумуляторов автопарков (рисунок 1).



Рисунок 1 — Структура метаданных системы учета шин и аккумуляторов автопарков

Для запуска модуля требуется запустить 1С:Предприятие и выбрать требуемую конфигурацию. После выбора нужной конфигурации и по нажатию на кнопку «1С:Предприятие» откроется окно, где требуется выбрать пользователя и ввести пароль (рисунок 2).

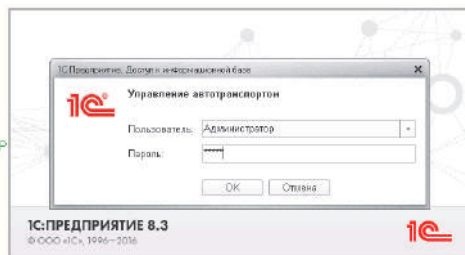


Рисунок 2 — Форма входа

После удачного входа открывается главное окно, где нужно выбрать требуемую подсистему (рисунок 3).

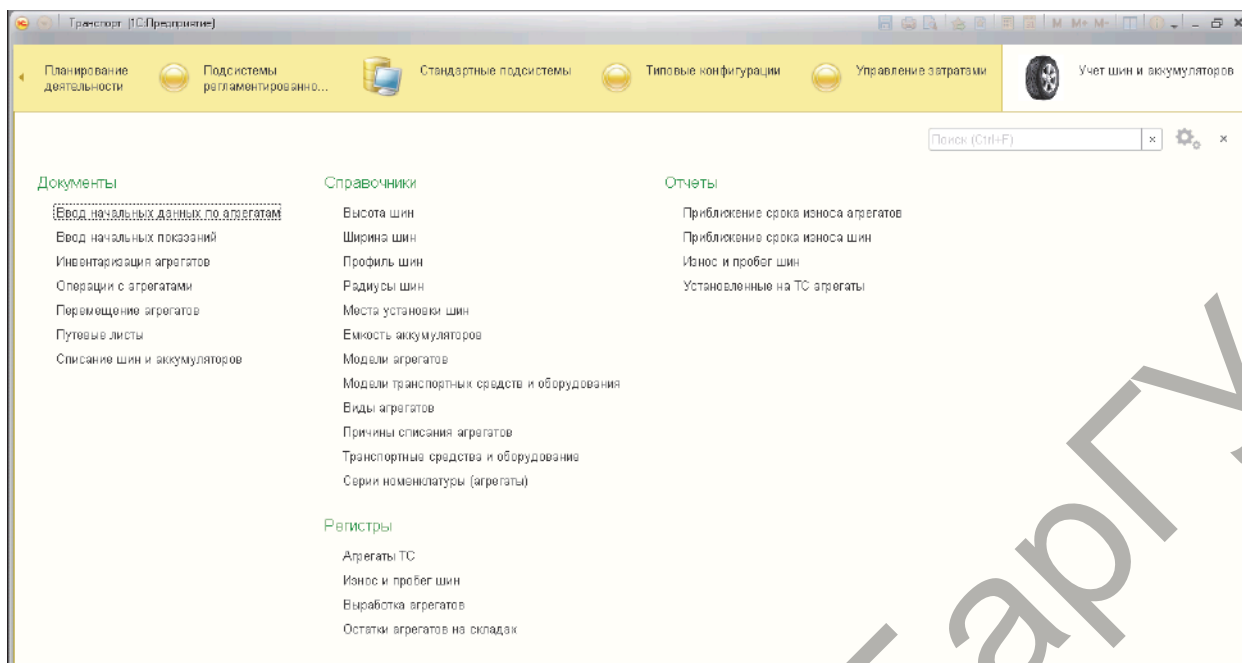


Рисунок 3 — Главное окно модуля

Система позволяет полностью автоматизировать работу по учету шин и аккумуляторов, в частности, выполнять следующие операции: добавление, удаление, редактирование и поиск данных, формирование отчетов и документов.

Заключение. В данном исследовании был разработан модуль для учета шин и аккумуляторов, который способствует автоматизации учета, тем самым сокращается время на учет, что позволяет оптимизировать работу сотрудников автопарков. В настоящее время модуль используется в производстве.

Список цитируемых источников

1. Брауде, Э. Технология разработки программного обеспечения / Э. Брауде. — СПб. : Питер, 2004.
2. Кашаев, С. М. Программирование в 1С:Предприятие 8.3 / С. М. Кашаев. — СПб. : Питер, 2014. — 304 с. : ил.

УДК 004.832.38

А. В. Шах

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ МАРКЕТИНГОВЫХ РЕШЕНИЙ

Введение. Любая управленческая деятельность, в том числе в сфере маркетинга, тесно связана с принятием соответствующих решений. Принятие решений — процесс выбора наиболее предпочтительного решения из допустимого множества решений или упорядочение множества решений. Маркетинг — это функциональное направление деятельности в коммерческой организации, направленное на поиск (создание) целевых рынков и обеспечение коммерческого успеха на этих рынках. Решения в области маркетинга позволяют скоординировать деятельность предприятия на сбыт продукции на определенном рынке и, соответственно, получение максимальной прибыли от сбыта. От качества принятого решения зависит эффективность достижения главной цели организации.

Основы теории принятия решений были заложены в период Второй мировой войны. Его родоначальниками считаются Дж. фон Нейман и О. Моргенштерн, которые в 1944 году опубликовали книгу по теории игр. Позднее зарубежные (Р. Акофф, Ф. Эмери, Ст. Оптнер, Р. Льюис, Х. Райфа, Ст. Бир, Дж. Форрестер, Дж. Диксон, Л. Ластед, Р. Мюллер и др.), а также отечественные специалисты (П. В. Авдулов, Ф. Ф. Аунапу, Г. Афанасьев, А. Г. Венделин, Д. М. Гвишиани, В. М. Глушков, Л. В. Кантарович, О. И. Ларичев, И. М. Сыроежин и др.) внесли существенный вклад в развитие и обогащение этой теории [1].

Основная часть. Решения в сфере маркетинга связаны с принятием решения в отношении комбинации маркетинг-микс и направлены на разработку и реализацию стратегий маркетинга и его элементов. Для принятия решения часто применяются хорошо известные модели (матрица «Продукт-рынок», модель Портера, различные варианты матрицы «Бостон консалтинг групп», модель Артура Д. Литла и т. д.).

Теория принятия решения является сложной междисциплинарной наукой, широко использующей математические методы и модели. К наиболее часто применимым можно отнести: линейные модели, транспортную задачу, линейное программирование, динамическое программирование, теорию игр, теорию массового обслуживания, оптимальное программирование и т. д. Выбор метода принятия решения во многом определяется характером и спецификой самого решения.

Выделим основные этапы разработки и принятия маркетинговых решений: 1) осознание и предвидение проблемы заключается в диагностике внешней и внутренней среды организации; 2) формулировка проблемы состоит в постановке целей и дальнейших задач, анализе существующей ситуации и «того, чего хотим достичь»; 3) подготовка решения — сбор, анализ, обработка информации; выявление возможных стратегий действия; оценка стратегий действия поставленными целями; 4) принятие решения; 5) контроль за реализацией принятого решения — оценка изменений во внешней и внутренней среде фирмы; анализ хода реализации стратегии; корректировка стратегии.

Под системой поддержки принятия решений (СППР) понимается информационная система, предназначенная для формализации и актуализации слабоструктурированных и неструктурированных задач планирования, прогнозирования и управления, максимально приспособленных к адекватной оценке повседневных управленческих проблем и используемых в качестве инструмента экспертами и системными аналитиками.

Основными компонентами системы являются: 1) информационная система, которая решает задачу сбора и первичной обработки информации; 2) система принятия решений, или экспертная компонента, которая на основании сведений об объекте маркетинга, установленных моделях, критериях качества и приоритетах производит вывод правил принятия маркетинговых решений; 3) система ввода/вывода запросов, которая обеспечивает представление данных в виде, необходимом лицу, принимающему решение [1].

Общая функциональная схема СППР отвечает всем современным требованиям ИТ-технологий (рисунок 1).

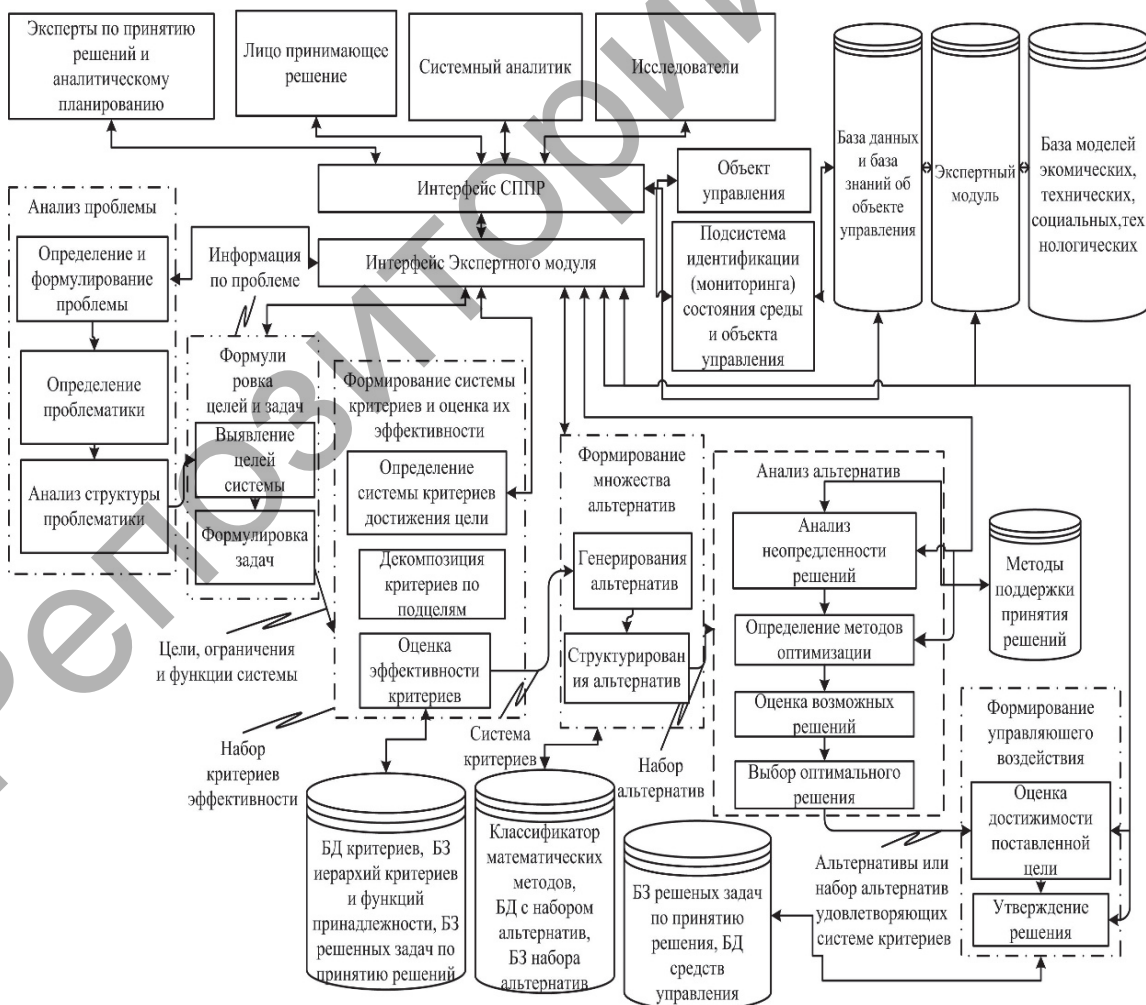


Рисунок 1 — Функциональная схема СППР

Функциональная схема СППР построена таким образом, что при рассмотрении задач, относящихся к различным предметным областям, система перенастраивается на конкретную проблемную ситуацию. Возможность организации базы данных и базы знаний больших объемов позволяет использовать накопленную информацию при решении различных задач с учетом методов генерации решений, формирования системы критериев и выбора решений в зависимости от предметной области проблемы.

Заключение. Как показывает практика, широко распространенное мнение о том, что достаточно иметь хорошее программное обеспечение, чтобы с успехом приступить к решению практических задач, оказывается принципиально неверным. В простейших случаях (например, «проблемы», решаемые бухгалтерами) трудностей может и не быть, но в таких алгоритмически сложных областях, как принятие решений, управление, системное проектирование и т. д., ситуация совершенно иная.

Наличие хорошего программного обеспечения в соответствующей организации или фирме и хороших аппаратных средств — это лишь необходимое, но недостаточное условие. Кроме того, совершенно обязательной является высокая профессиональная подготовка лица, принимающего решение. Это не обязательно глава фирмы, им может быть специальный человек (так называемый системный аналитик) или группа лиц — отдел системного анализа. Сказанное относится не только к области принятия решений, но и к другим областям компьютерного моделирования, требующим привлечения нетривиальных математических моделей, на которых основана любая современная информационная технология [2].

Список цитируемых источников

1. Бенчмаркинг и маркетинговые решения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.marketing.spb.ru/read/m12/2.htm>. — Дата доступа: 10.10.2017.
2. Черноруцкий, И. Г. Методы принятия решений / И. Г. Черноруцкий. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 416 с. : ил.

УДК 004.93'11; 004.93'12

А. В. Шах, А. Л. Калоша

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ТАРГЕТИРОВАНИЯ РЕКЛАМНЫХ РОЛИКОВ ПО ПОЛОВОМУ ПРИЗНАКУ

Введение. Реклама — один из механизмов конкурентного бизнеса. Ее функция как инструмента маркетинга заключается в формировании спроса на товары или услуги и стимулировании их сбыта. В настоящее время потенциальные клиенты рекламных агентств предпочитают делать ставку на современное оформление и максимальную эффективность использования рекламных инструментов. В связи с этим особой востребованностью пользуются светодиодные экраны, которые могут быть установлены как на улице, так и в помещениях [1].

Рекламные экраны имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными щитами и баннерами. Во-первых, для обслуживания они не требуют целого штата сотрудников. С помощью специальной системы управления можно без труда удалить или добавить рекламный ролик, поменять очередность показа ролика. Во-вторых, динамичные яркие видеоролики привлекают к себе гораздо больше взглядов, чем обычные щиты и баннеры [2].

Задачей проекта является создание программного продукта для детектирования лиц и определения пола людей, а также подбора оптимальной рекламы для текущей целевой аудитории. Когда в зоне действия какого-то элемента информационной системы появляется человек из подходящей целевой аудитории, система его автоматически распознает и отображает рекламу актуальную именно для него.

Основная часть. Для выполнения данной задачи использовалась библиотека OpenCV (open source computer vision library) — библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом. Она включает в себя различные алгоритмы компьютерного зрения, распознавания изображений и многое другое, работающее в реальном режиме времени. Данная библиотека может использоваться бесплатно как в образовательных целях, так и в коммерческих проектах [3].

Для разработки проекта был выбран язык программирования java, так как он приспособлен для создания качественных веб-приложений, а также с помощью специальных интерфейсов позволяет быстрее выполнять код библиотеки OpenCV, написанной на C++. Приложение считывает видео по кадрам. На каждом кадре детектирует области лиц, а затем определяется пол людей, представленных на изображении, после чего по этим данным выбирается подходящая реклама. Представим алгоритм работы приложения с помощью UML-диаграммы активности (рисунок 1).

Для поиска лиц на изображении используются каскады Хаара. Данные каскады определяют искомые области лиц на изображении, после чего для каждой найденной области производится поиск областей на предыдущем

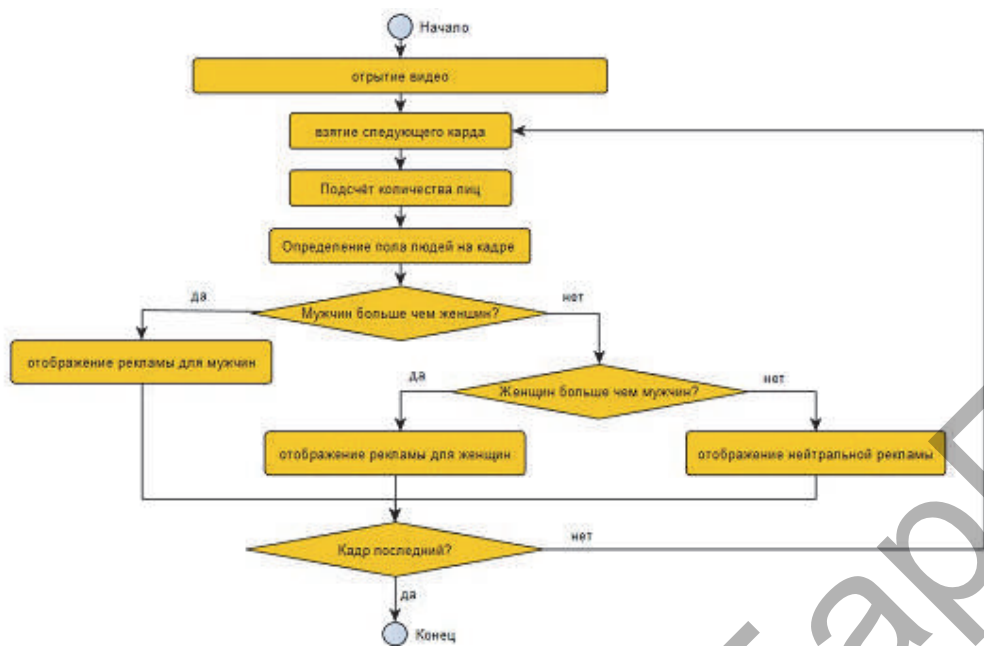


Рисунок 1 — Диаграмма активности приложения, которая отображает алгоритм выбора рекламы при работе с видеофайлом

кадре. При незначительном отклонении одной области от другой данные обновляются, т. е. лицо на предыдущем и текущем кадрах в данной области считается одним лицом. Это позволяет уточнять данные о поле человека за последние 19 удачных кадров. Удачным называется кадр, который не является сильно размазанным, а его ширина и высота составляет не менее 20 пикселей.

Для корректности определения пола изображение необходимо выровнять таким образом, чтобы глаза были параллельны уровню земли. Для этого необходимо найти области глаз на изображении, которое как правило, невысокого качества. Поэтому использование стандартного каскада Хаара для поиска глаз не подойдет для данной задачи, необходимо было обучить собственный каскад для распознавания области глаз на изображении низкого качества и размера.

Для обучения также использовалась выборка, содержащая негативные изображения, например, на них изображены нос, рот, брови и т. д. При обучении использовалось 5 000 фотографий. Процесс обучения занял 6 ч. Для определения пола использовался алгоритм Фишера, который изучает отличительные черты обоих классов. Данный алгоритм дает линейную проекцию, специфичную для классов, поэтому она лучшим образом подходит для задачи классификации по половому признаку.

Для обучения данного классификатора использовалось 800 мужских и 800 женских изображений. После обучения классификатор был протестирован на выборке, состоящей из 10 000 изображений, и показал результат 70% удачного определения пола по одному кадру. Поскольку данное приложение для определения пола использует последние 19 удачных кадров, то вероятность определения пола увеличивается даже при плохом качестве съемки.

Для проведения тестирования приложения были выбраны различные видеоролики с несколькими людьми (рисунок 2).

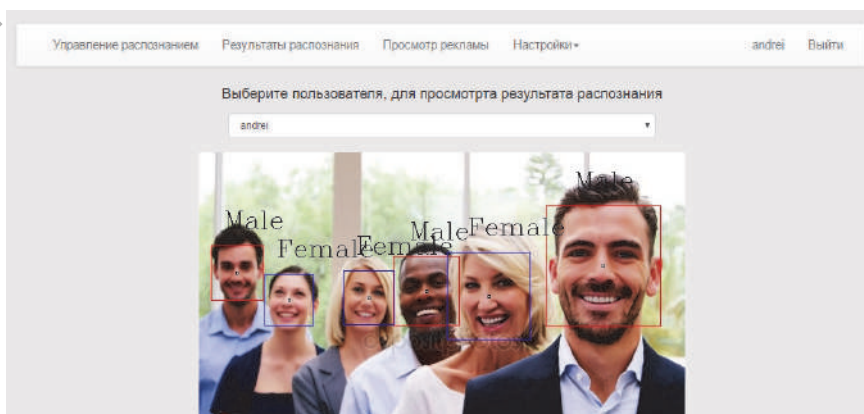


Рисунок 2 — Результат работы программы

Как видно из рисунка 2, программа верно определила области лиц, а также пол людей.

Заключение. Созданная информационная система имеет интуитивно понятный интерфейс, гибкую настройку параметров и позволяет производить демонстрацию рекламных роликов для конкретной целевой аудитории, проводить кампании в определенном месте и в заранее определенное время (когда высока вероятность контакта с наибольшим числом потенциальных потребителей), оптимизировать затраты на рекламу и др. Проанализировав полученные статистические данные, можно вести эффективную маркетинговую аналитику и разрабатывать маркетинговые стратегии. Все это предоставляет магазинам мощные инструменты для увеличения эффективности управления бизнесом.

Список цитируемых источников

1. Аналитика рекламы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ospr.ru/reklama/kakimi-preimuschestvami-otlichayutsa-svetodiodnye-ekrany.html>. — Дата доступа: 10.10.2017.
2. Преимущества рекламных экранов в маркетинге перед традиционными баннерами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mybizines.ru/?p=12282>. — Дата доступа: 10.10.2017.
3. Возможности библиотеки OpenCV для создания систем видеонаблюдения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bntu.by/news/39-conference/951-mntk-mido-16-17.html>. — Дата доступа: 10.10.2017.

УДК 681.51,004

А. С. Шпарло, И. А. Камленок

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕДЕНИЯ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ УЧАЩИХСЯ УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Введение. Учреждение образования «Новопольский государственный аграрно-экономический колледж» — это современный колледж, работающий над подготовкой специалистов, ориентируясь на потребности рынка труда. В колледже ведется подготовка кадров по специальностям: «Бухгалтерский учёт, анализ и контроль», «Программное обеспечение информационных технологий», «Документоведение и документационное обеспечение управления». В НГАЭК во время написания учащимися дипломных проектов проводятся консультации с руководителями экономического раздела и раздела по охране труда, а также преподавателями, осуществляющими нормоконтроль. Контроль за работой студентов обеспечивает хорошую успеваемость и помогает в подготовке высококвалифицированных выпускников, специалистов в своей области. На консультациях учащиеся уточняют интересующую их информацию, а преподаватели контролируют выполняемую учащимися работу по данному проекту.

В колледже со дня основания ведутся активные работы по организации и улучшению учебного процесса, поэтому возникла потребность в автоматизированной системе ведения дипломных проектов, в которой автоматически создается расписание консультаций, генерируется шаблон протокола для каждого учащегося, а также предоставляется возможность преподавателям отмечать посещение, процентовку и оставлять комментарии к проведенной консультации [3].

Основная часть. Основная цель автоматизированной системы ведения дипломных проектов — это создание графика консультаций для преподавателей и учащихся, возможность преподавателям отмечать процент выполненной работы и посещение консультаций учащимися, а также генерация протокола заседания Государственной экзаменационной комиссии и экспорт его в MS Word для последующего выведения на печать. Система реализует импорт данных об учащихся и экспорт готового графика в MS Excel для последующего его выведения на печать.

У каждого учащегося должно быть по 16 учебных часов консультаций по дипломному проектированию, из которых 2 — по экономическому разделу, 2 — по разделу «Охрана труда», 2 — по нормоконтролю и 10 — на консультации с руководителем диплома. Консультации по экономическому разделу, охране труда и нормоконтролю должны стоять до предзащиты диплома. В день в зависимости от нагрузки преподавателя может быть 2—6 часов консультаций.

Составов Государственной экзаменационной комиссии может быть несколько. Член Государственной экзаменационной комиссии может входить в несколько составов.

Для реализации данного проекта была выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio 2012. В качестве языка разработки был выбран C#, СУБД — SQLite.

Среда Visual Studio отличается повышенной скоростью загрузки рабочей среды и открывает разработчикам доступ к конкретным проектам буквально в считанные секунды. Кроме того, все длительные процессы выполняются в Visual Studio 2012 в фоновом режиме, что не замедляет скорость работы среды и не отвлекает разработчика от основных задач. Также рабочая среда Visual Studio 2012 имеет новый контекстно-зависимый интерфейс. Главная его особенность заключается в том, что он предлагает разработчику только те функции и инструменты, которые ему нужны на данном этапе работы. Таким образом, панель инструментов не содержит ничего лишнего и не затрудняет поиск нужных функций [4].

C# является основным языком разработки программ на платформе .NET корпорации Microsoft. В нем удачно сочетаются испытанные средства программирования с самыми последними новшествами, предоставляется возможность для эффективного и очень практичного написания программ, предназначенных для вычислительной среды современных предприятий [5].

SQLite — это реляционная база данных, запросы к которой можно осуществлять с помощью языка запросов SQL. База данных не поддерживает все особенности SQL и уступает в функциональности другим развитым СУБД, но вполне подходит для хранения и извлечения информации [1].

Среди информации, сохраняемой в базу данных, присутствуют данные пользователей разных уровней доступа. Чтобы защитить эти данные, был выбран хеш-алгоритм шифрования SHA-256. Эта криптографическая хеш-функция была разработана Агентством национальной безопасности США.

Основная работа любой хеш-функции заключается в превращении (или хешировании) произвольного набора элементов данных в значение фиксированной длины («отпечатка» или «дайджеста»). Это значение будет однозначно характеризовать набор исходных данных (служить как бы его подписью) без возможности извлечения этих исходных данных.

Для дешифрации нужно решить перебором множество задач, прежде чем удастся отыскать нужный хеш для нового блока. Один шанс на тысячу, десятки, сотни тысяч, миллионы решений, что случайно получившийся хеш будет иметь нужное количество нулей в начале.

Есть несколько протоколов, которые используют данный алгоритм: SSL, SSH, PGP и др. Каждый раз при входе на защищенный веб-сайт с помощью сертификата SSL используется SHA-256 [2].

Представим физическую модель базы данных (рисунок 1).

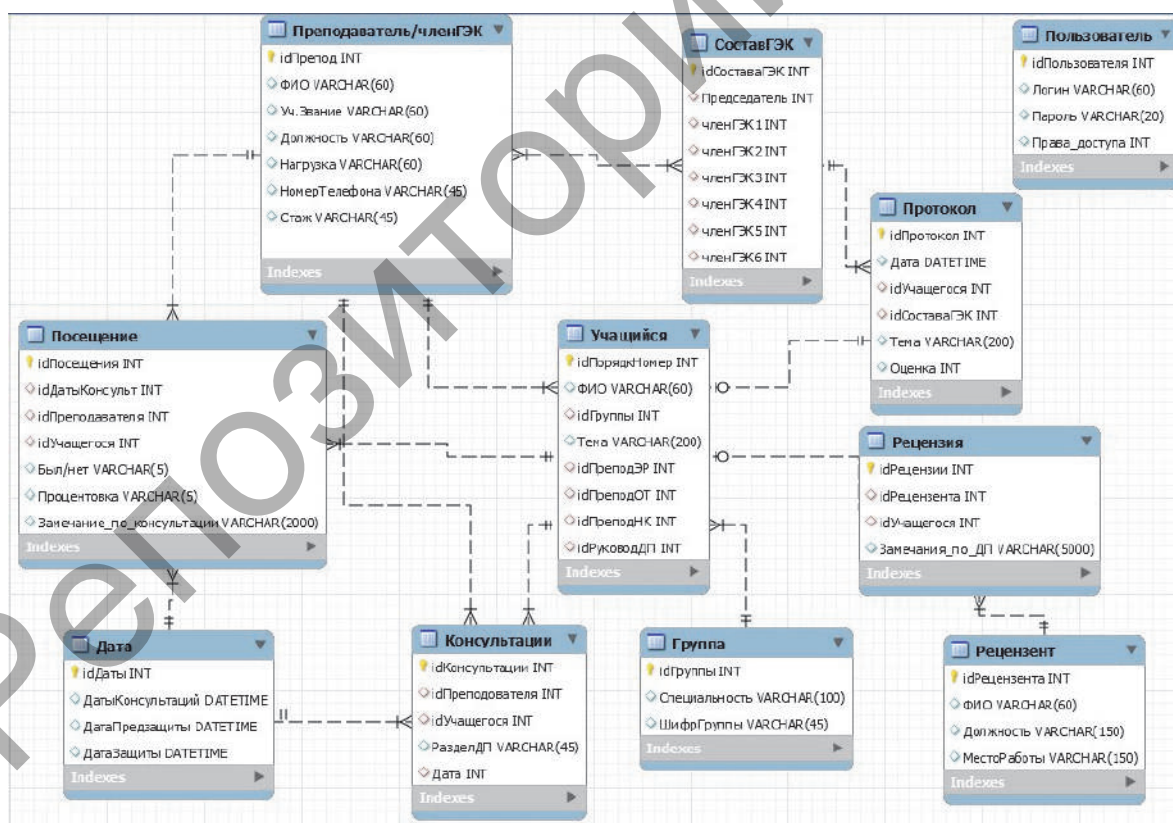


Рисунок 1 — Физическая модель базы данных

Данное приложение позволяет выполнять такие операции, как добавление, обновление и удаление данных об учащихся, преподавателях, рецензентах, датах, составах Государственной экзаменационной комиссии и пользователях; производить генерацию графика консультаций и протоколов; экспортировать необходимые сведения в MS Excel и осуществлять поиск данных.

Кроме того, чтобы войти в систему и получить необходимые данные, нужно успешно пройти процесс авторизации. Все пользователи данного приложения делятся на три категории, в связи с которыми они имеют доступ к разному функционалу программы.

Применение данного программного продукта является экономически выгодным как для разработчика, так и для потребителя разработки.

Заключение. Разработанный программный продукт полностью отвечает требованиям, сформулированным при постановке задачи, что означает, что цель работы достигнута.

Список цитируемых источников

1. Новопольский государственный аграрно-экономический колледж [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ngaek.by/>. — Дата доступа: 05.05.2017.
2. *Мак-Дональд, М.* Microsoft ASP.NET 3.5 с примерами на C# 2008 для профессионалов / М. Мак-Дональд, М. Шпушта. — 2-е изд. — М. : И. Д. Вильямс, 2008. — 1424 с.
3. *С# и платформа .NET 3.5 для профессионалов / К. Нейгел [и др.].* — М. : И. Д. Вильямс, 2009. — 1392 с.
4. Информационный портал “SoftTime-INFO” [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.softtime.ru/article/?id_article=70. — Дата доступа: 07.05.2017.
5. Криптотерминология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://coinspot.io/technology/mining/kripto-terminologiya-obyasnyаем-sha-256>. — Дата доступа: 07.05.2017.

Репозиторий БарГУ

СЕКЦИЯ 2

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

УДК 621.373

А. В. Алифанов¹, доктор технических наук, профессор, **Д. А. Ционенко**², кандидат технических наук, доцент,

И. А. Богданович¹, кандидат технических наук, доцент, **В. В. Малеронок**¹

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВКАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ

Введение. Магнито-импульсное воздействие вызывает модификацию свойств поверхностного слоя обрабатываемых изделий. Целью данной работы является анализ зависимости изменения температуры вблизи поверхности металлического изделия цилиндрической формы при магнитно-импульсном упрочнении от параметров процесса магнитно-импульсной обработки.

Основная часть. Для осуществления процесса магнитно-импульсного упрочнения металлическое изделие помещается в непосредственной близости или внутри индуктора [1; 2]. В индукторе создается импульс тока. Поток магнитного поля, создаваемого индуктором, изменяется через поверхность сечения изделия, и в нем возникает вихревое электрическое поле, создающее соответствующую электродвижущую силу индукции.

В данной работе разработана математическая модель распределения температуры в металлическом изделии с учетом параметров магнитно-импульсной обработки и физико-механических свойств обрабатываемых изделий. В частности, для магнитных материалов следует учитывать зависимость относительной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля [3].

Математическая модель, основанная на всех вышеуказанных параметрах, достаточно сложна для использования, однако может быть упрощена таким образом, чтобы можно было выполнять качественные оценки для анализа ряда практических случаев.

Для этого следует учитывать определенные факторы:

1. Экспериментально установлено, что импульсный разряд имеет форму затухающей синусоиды. Максимальное количество наблюдаемых периодов затухающих колебаний равно 3. Поэтому для оценки количества теплоты, выделяемой при протекании тока, можно использовать понятие действующего значения, а время импульсного разряда оценить как 1,5 периода колебаний.

2. Относительную магнитную проницаемость большей части изделия можно считать постоянной и независимой от напряженности магнитного поля. Это связано с тем, что индукционные токи имеют такое направление, что создают магнитные поля, направленные противоположно направлению нарастания внешнего магнитного поля, создаваемого индуктором. Поэтому полная напряженность магнитного поля внутри изделия, равная векторной сумме внешнего и индуцированного поля, равна нулю. Значит, в случае сплошного изделия ее тело выполняет роль сердечника, в случае обработки магнитных материалов приводит к повышению интенсивности процесса магнитно-импульсной обработки.

3. Характерные частоты импульсного разряда в магнитно-импульсных установках достигают значений порядка 2...10 кГц. При этом толщина скин-слоя становится значительно меньше типичных размеров поперечного сечения обрабатываемого изделия. Поэтому область максимального выделения тепла можно ограничить областью вблизи внешнего периметра изделия, а плотность тока в этих пределах считать постоянной.

4. Поскольку импульс длится не более трех периодов, то время выделения теплоты за счет протекания индукционных токов мало (порядка 1 мс). Таким образом, теплота, выделяемая за время импульса, не успевает передаться окружающей среде (воздуху). Это связано с тем, что процессы передачи теплоты от изделия воздуху являются медленными (при характерных размерах изделия и теплопроводности воздуха время релаксации этого процесса во много раз больше 1 мс). Поэтому слагаемым, определяющим передачу теплоты в окружающее пространство, можно пренебречь и считать процесс адиабатным.

5. Передачей теплоты от нагреваемого участка внутрь изделия пренебрегать нельзя, поскольку теплопроводность металла обусловлена в том числе электронами проводимости, и процесс теплопередачи внутрь изделия является быстрым. Например, для меди, обладающей большой теплоемкостью и большой

теплопроводностью, нагревание поверхности будет на порядок меньше по сравнению с нагреванием поверхности стального изделия при одинаковых геометрических размерах индукторов и изделий и напряженности внешнего магнитного поля, создаваемого индуктором. Однако учесть уменьшение температуры поверхности за счет распространения теплоты внутрь изделия можно путем введения эмпирического коэффициента, который определяется материалом изделия и его формой.

Заключение. Построена математическая модель, описывающая процессы теплообмена, происходящие в металлических изделиях при магнитно-импульсном воздействии, позволяющая проанализировать распределение температуры на поверхности обрабатываемых изделий и оценить влияние этих процессов на модификацию свойств поверхностного слоя.

Список цитируемых источников

- 1 Алифанов, А. В. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка изделий из конструкционных и инструментальных сталей / А. В. Алифанов [и др.] // *Литье и металлургия*. — 2012. — № 3. — С. 77—82.
- 2 Алифанов, А. В. Механизм упрочнения легированных сталей в импульсном магнитном поле / А. В. Алифанов, Ж. А. Попова, Н. М. Ционенко. // *Литье и металлургия*. — 2012. — № 4. — С. 25—35.
- 3 Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: электромагнитное поле / Л. А. Бессонов. — М.: Высш. шк., 1986. — 263 с.

УДК 621.822

М. В. Аникеева

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», Гомель

УПРОЧНЕНИЕ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ СО ВТУЛКОЙ ТОРЦОВО-ПРЕССОВОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Введение. Проблема обеспечения качества, надежности, долговечности узлов трения является актуальной и решается при использовании технологических методов упрочнения. Существуют различные методы поверхностного упрочнения: пластической деформацией, взрывом, электроискровое, электролитическое, газотермическое, химико-термическое, наплавка и др.

Цель работы заключается в выборе материала и метода упрочнения внутренних колец для повышения работоспособности узлов трения с ПСС ТПД древесных карточек, работающих при действии ударных нагрузок, в абразивно-агрессивных средах. Основная задача исследования состоит в проведении серии триботехнических испытаний внутренних колец ПСС ТПД. Научная новизна данной работы заключается в том, что в качестве материала внутреннего кольца с подшипниками скольжения из прессованной древесины выбрана сталь 18ХГТ. Во всех исследованиях применялась только сталь 45, другие не исследовались.

Основная часть. В Белорусском государственном университете транспорта были разработаны ПСС ТПД древесных карточек. Такие подшипники скольжения работают в абразивно-агрессивных средах на самосмазке. Практически ПСС ТПД могут эксплуатироваться во всех отраслях промышленности. Они прошли успешные эксплуатационные испытания в узлах трения сельскохозяйственных машин, строительных машинах, подъемно-транспортном оборудовании, станках, насосах и т. д. [1, с. 189; 2, с. 54; 3, с. 63].

С развитием техники предъявляются высокие требования к условиям эксплуатации подшипников скольжения.

Вкладыши, выполненные из прессованной древесины, модифицированной высокомолекулярными присадками, способны выдерживать ударные и знакопеременные нагрузки благодаря демфирующим свойствам древесины [4, с. 132; 5, с. 13]. Однако внутренние кольца ПСС ТПД, изготовленные из стали 45, обрабатываются объемной закалкой и низким отпуском, что придает материалу высокую твердость на поверхности и в сердцевине (45—52 HRC). Такое распределение твердости по всему сечению стали неблагоприятно при воздействии ударных нагрузок и может привести к хрупкому разрушению кольца.

Решение данной проблемы возможно путем замены материала внутреннего кольца стали 45 на сталь 18ХГТ и метода объемной закалки на упрочнение химико-термическим способом [6, с. 107; 7, с. 43; 8, с. 57]. Цементация повышает поверхностную твердость и сохраняет вязкую сердцевину кольца. Комплекс полученных свойств позволяет выдерживать ударные нагрузки и работать в абразивно-агрессивных средах.

Теоретически было установлено, что низкоуглеродистые стали хорошо и точно штампуются без подогрева, их можно подвергать химико-термическому упрочнению и за счет этого значительно повышать качество рабочих поверхностей колец подшипников, а следовательно, их надежность в эксплуатации.

На практике фирмы «Тимкин» (США), «Койо» (Япония), ряд отечественных подшипниковых заводов доказали успешность изготовления колец подшипников из низкоуглеродистых сталей 20Х, 20ХНМ, 18ХГТ,

15Г, 12ХН3А. Стендовые испытания, выполненные в научно-исследовательском институте подшипниковой промышленности в 1996—1997 годах, показали, что цементация рабочих поверхностей значительно повышает их качество, а ресурс работы увеличивает в 1,5...2 раза [9, с. 27].

Для определения нагрузочной способности материалов проведены триботехнические эксперименты на машине трения 2070 СМТ-1 с использованием схемы «вал-частичный вкладыш» при различных скоростях скольжения $v = 0,25; 0,5; 0,75; 1$ м/с и давлениях $p = 2, 4, 6, 8, 10$ МПа (рисунок 1).

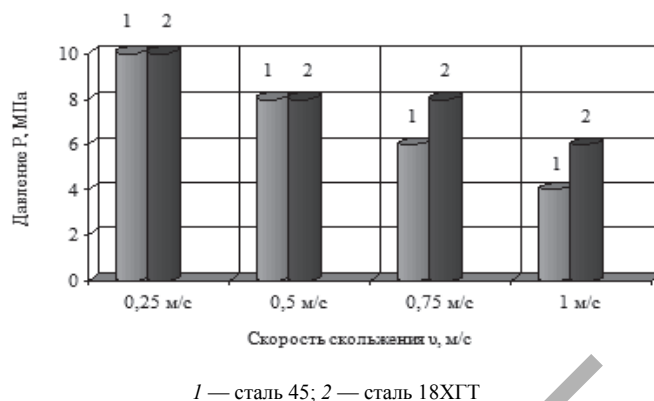


Рисунок 1 — Зависимость давления от скорости скольжения для различных материалов

Установлено, что внутренние кольца из стали 45, обработанные объемной закалкой, и кольца из стали 18ХГТ, упрочненные цементацией при скорости скольжения $v = 0,25$ м/с, работают при давлении $p = 10$ МПа. Нагрузочная способность внутренних колец с увеличением скорости до $v = 0,5$ м/с снижается для обоих материалов и становится $p = 8$ МПа. Дальнейшее повышение скорости скольжения до $v = 0,75$ м/с снижает область давлений, при которых кольца способны работать: для материала сталь 45 — до $p = 6$ МПа, стали 18ХГТ — 8 МПа. При скорости скольжения $v = 1$ м/с внутренние кольца из стали 45 работают при действии давлений $p = 4$ МПа, внутренние кольца из стали 18ХГТ при $p = 6$ МПа.

Заключение. Применение химико-термической обработки в качестве метода упрочнения внутренних колец из стали 18ХГТ может стать перспективным направлением повышения ресурса работы подшипников скольжения из прессованной древесины торцово-прессового деформирования. Сочетание вязкой сердцевины (28—32 HRC) и твердой поверхности (57—62 HRC) предоставляет возможность использовать внутренние кольца при действии ударных нагрузок.

Список цитируемых источников

1. Врублевская, В. И. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них : монография / В. И. Врублевская, А. Б. Невзорова, В. Б. Врублевский. — Гомель : БелГУТ, 2000. — 324 с.
2. Подшипники скольжения самосмазывающиеся на основе модифицированной древесины (теория, технология и практика) : монография / А. Б. Невзорова [и др.]. — Гомель : БелГУТ, 2011. — 254 с.
3. Кузнецова, В. В. Повышение работоспособности ленточных конвейеров, транспортирующих абразивно-агрессивные материалы / В. В. Кузнецова, М. В. Анিকেева, В. И. Врублевская // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2017. — № 3. — С. 59—66.
4. Кузнецова, В. В. Антифрикционный природный композит и его строение / В. В. Кузнецова, М. В. Анিকেева, В. И. Врублевская // Труды БГТУ. — 2017. — № 1. — С. 125—134.
5. Кузнецова, В. В. Износостойкие самосмазывающиеся подшипники скольжения из природного композита / В. В. Кузнецова, М. В. Анিকেева, В. И. Врублевская // Вестник БрГУ. — 2016. — № 4(100). — С. 9—14.
6. Анিকেева, М. В. К вопросу о повышении долговечности подшипников скольжения торцово-прессового деформирования / М. В. Анিকেева // Исследование и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. — С. 107—110.
7. Врублевская, В. И. Повышение долговечности подшипников скольжения самосмазывающихся путем замены материала и метода термической обработки внутренних колец / В. И. Врублевская, М. В. Анিকেева // Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов XI Междунар. науч.-техн. конф. — Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. — С. 43—44.
8. Анিকেева, М. В. К вопросу о выборе материала для изготовления внутренних колец подшипников скольжения / М. В. Анিকেева, В. В. Кузнецова // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. — 2017. — № 2. — С. 55—63.
9. Дзанашивили, Г. Ф. Российские подшипники. Новые технологии и материалы / Г. Ф. Дзанашивили, О. В. Савченко, Н. М. Австрийский // Автомобильная промышленность. — 1997. — № 10. — С. 27—28

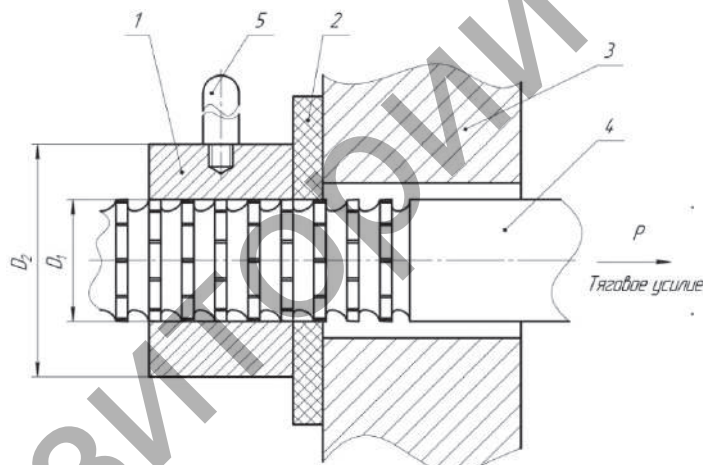
О ТЕПЛОМ БАЛАНСЕ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ПРОТЯГИВАНИИ

Введение. Протягивание — процесс обработки металлов резанием на протяжных станках многолезвийным режущим инструментом — протяжкой. Применение протягивания целесообразно при обработке больших партий деталей, т. е. в крупносерийном и массовом производстве (ввиду сложности изготовления и высокой стоимости протяжек).

В зависимости от порядка среза припуска при протягивании различают следующие виды резания: *профильное*, при котором все режущие зубья протяжки снимают припуск, но не участвуют в окончательном формировании поверхности, последний же зуб придаёт ей окончательную форму; *генераторное*, при котором каждый режущий зуб протяжки, срезая припуск, одновременно участвует в построении поверхности; *прогрессивно-групповое*, применяемое при снятии относительно больших припусков, когда все зубья, распределённые по группам (2-3 зуба), снимают слой металла не сразу по всей ширине, а частями [1].

Вопросы точности при протягивании в настоящее время остаются достаточно актуальными. Как известно, на размер протянутого отверстия влияют механические свойства детали, её жесткость, режимы резания (скорость резания V , подъем на зуб a), охлаждение и еще целый ряд других факторов, но уточнение представлений о тепловых явлениях при протягивании должно быть на первом месте [2].

Основная часть. Объяснению явлений распространения теплоты при протягивании посвящено много работ [1—3]. Количество теплоты, переданной в деталь, определяется калориметрическим способом. Представим схему протягивания (рисунок 1).



1 — деталь; 2 — текстолитовая прокладка; 3 — планшайба станка;
4 — протяжка; 5 — рукоятка из термоизоляционного материала

Рисунок 1 — Термоизоляция детали при протягивании

Деталь при протягивании термоизолировалась от планшайбы станка текстолитовой подкладкой 2. В деталь была ввернута пластмассовая рукоятка 5, которая служила для поддержания детали при протягивании, переносе её в калориметр и перемешивании деталью воды в калориметре.

Общее количество тепла, развивающегося при протягивании, определяется по формуле [3]

$$Q_{\text{общ}} = \frac{PLz}{427},$$

где P — осевая сила резания, приходящаяся на один зуб, кг;

L — длина протягиваемой поверхности, м;

z — число режущих зубьев протяжки.

Предлагаемая формула справедлива для любого протягивания, как внутреннего, так и наружного.

Экспериментально установленная зависимость теплового баланса от скорости резания при протягивании выражается диаграммой (рисунок 2).

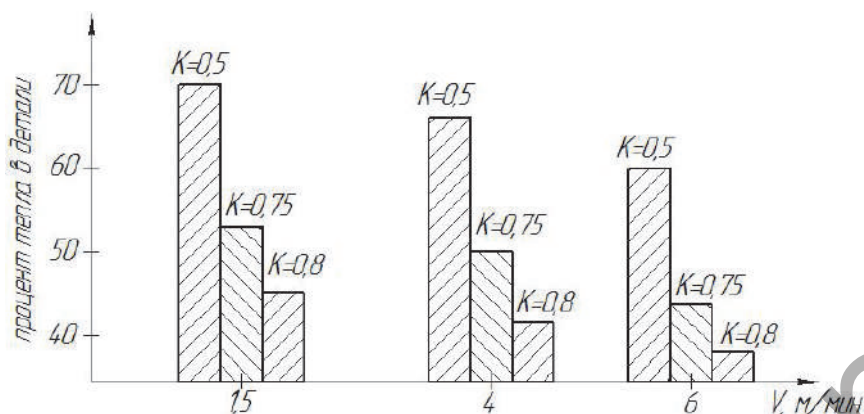


Рисунок 2 — Зависимость процента тепла в детали от скорости резания и отношения размеров детали K (работа без охлаждения, деталь термоизолирована от станка)

Из диаграммы видно, что при скорости резания $V = 1,5$ м/мин и обработке детали с $K = D_1 / D_2 = 0,5$ в деталь переходит до 70% общего количества тепла, а при обработке деталей с $K = 0,8$ — 45% общего количества теплоты (менее жесткая деталь). При этом количество тепла, перешедшего в деталь, уменьшается с увеличением скорости резания. Здесь K — безразмерный коэффициент, характеризующий жесткость протягиваемой детали. Также калориметрические опыты показывают, что через контакт детали с планшайбой может отводиться от 5 до 15% сообщенного детали количества теплоты. Количество отводимой теплоты зависит при этом от площади контакта с планшайбой.

Большое значение на процесс отвода тепла оказывает вид смазочно-охлаждающей жидкости и способ её подвода. Приведем результаты обработки деталей с различными охлаждениями ($K = 0,73$, протяжка $\varnothing 40$ мм, материал детали — сталь 45, ГОСТ 1050-88 (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Влияние охлаждения на процент тепла, остающегося в детали [4]

Смазочно-охлаждающая жидкость	Количество теплоты, остающееся в детали, ккал	Процент от общего количества теплоты	Примечания
Без охлаждения	920—895	51—49	—
Сульфорезол	750—635	41—35	—
Керосин	560—485	31—27	—
5%-я эмульсия	420—340	23—19	Подача жидкости на место врезания протяжки
	200—100	11—6	Обильная подача жидкости с обливом всей наружной поверхности детали

Как видно из таблицы, смазочно-охлаждающая жидкость отводит от детали значительное количество теплоты — вплоть до 90%. Струя жидкости может быть направлена на место входа зубьев протяжки в деталь и омывать лишь один торец детали и врезающийся участок протяжки, или же одновременно с подачей жидкости к месту входа протяжки происходит омывание детали по всей наружной поверхности. Количество оставшейся в детали теплоты в зависимости от условий подвода смазочно-охлаждающей жидкости может меняться в разы.

При обработке ответственных деталей в равной мере существенными являются как смазывающие, так и охлаждающие свойства, поэтому здесь может быть применено использование двух жидкостей одновременно. Одна из них подводилась бы к лезвию врезающегося зуба протяжки и предназначалась для смазки, а вторая, необходимая для охлаждения, подводилась бы для обмыва детали по наружной поверхности [4].

Заключение. Количество теплоты зависит от скорости резания, размеров детали, характеризующихся отношением K , площади контакта с планшайбой, свойств смазочно-охлаждающей жидкости и способа ее подвода. Основополагающим фактором является количество зубьев протяжки z (количество теплоты возрастает с увеличением z). Меняя перечисленные факторы, можно регулировать количество теплоты в детали и, в конечном счете, регулировать размер обработки.

Список цитируемых источников

1. Режущий инструмент : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. — М. : Машиностроение, 2004. — 512 с.
2. Демидов, В. В. Расчет и проектирование протяжек : учеб. пособие : в 2 ч. / В. В. Демидов, Г. И. Киреев, М. Ю. Смирнов. — Ульяновск : УлГТУ, 2005. — Ч. 1. Внутренние круглые протяжки. — 52 с.
3. Апин, Л. Р. Экспериментальное исследование точности при протягивании цилиндрических отверстий в стальных деталях / Л. Р. Апин. // Тр. ЛПИ им. М. И. Калинина. — 1957. — № 101.
4. Зарс, В. В. Вопросы механики и машиностроения / В. В. Зарс. — М. : Машиностроение, 1965. — Т. 17.

УДК 67.017

П. П. Дегтеров, кандидат технических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АНАЛИЗ НОВЫХ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. В условиях постоянно развивающегося общества одним из значимых факторов технического прогресса в машиностроении является совершенствование технологии производства материалов.

Основная часть. Применимость того или иного материала в конструкции определяется комплексом свойств, включающим соотношение между прочностью (предел текучести и предел прочности) и пластичностью (относительная равномерная деформация, полное относительное удлинение до разрушения), а также вязкость разрушения и др.

Металлические, керамические, полимерные и композиционные материалы составляют основную часть конструкционных материалов. Металлические материалы обладают наилучшим соотношением между прочностью и пластичностью по сравнению с другими конструкционными материалами. Недостатком конструкционных полимерных и особенно керамических материалов является низкая пластичность по сравнению с металлическими материалами. Удельные характеристики прочности и пластичности композиционных материалов занимают промежуточное положение между керамическими и полимерными материалами. Указанные преимущества металлических конструкционных материалов определили то, что доля стали в общем объеме конструкционных материалов превышает 90%.

В основном природу прочностных свойств конструкционных материалов за последние десятилетия был обусловлен разработкой сплавов с новым химическим и фазовым составом. Однако в последние годы наметились новые направления повышения свойств конструкционных материалов за счет формирования микро- и нанокристаллической структуры.

Значительный интерес к объемным наноматериалам обусловлен тем, что их конструкционные и функциональные свойства значительно отличаются от свойств крупнозернистых аналогов. Для получения наноматериалов конструкционного назначения используют различные методы, которые можно разделить на четыре группы: порошковая металлургия (компактирование нанопорошков), кристаллизация из аморфного состояния, интенсивная пластическая деформация, различные методы нанесения нанокристаллических покрытий [1].

Методы порошковой металлургии широко используются для получения нанопорошков и объемных наноматериалов. Для этого используют нанопорошки с размером частиц менее 100 нм, крупнозернистые порошки с нанокристаллической структурой, полученные методом механического легирования, или аморфные порошки, которые подвергают контролируемой кристаллизации в процессе консолидации.

Для получения объемных наноматериалов из порошков в основном используют методы прессования при комнатной температуре с возможным последующим спеканием и спекание под давлением. Однако следует отметить, что многообразие методов консолидации, используемых в порошковой металлургии, обеспечивает достаточно широкие технологические возможности для получения высокоплотных и пористых материалов.

На уплотнение дисперсных порошков значительное влияние оказывают такие параметры, как средний размер частиц, содержание примесей, состояние поверхности, форма частиц и способ прессования. Для прессования нанопорошков наиболее широко распространено одноосное прессование: статическое (в пресс-формах, штамповка), динамическое (магнитно-импульсное, взрывное) и вибрационное (ультразвуковое). Для получения

высокоплотных однородных материалов используется всестороннее (изостатическое) прессование: гидростатическое, газостатическое, квазигидростатическое (в специальных пресс-формах под высоким давлением) [2].

С уменьшением размера частиц давление прессования, необходимое для достижения заданной плотности компактов, увеличивается. При размере зерна меньше некоторого критического частицы становятся бездислокационными, соответственно, значительно возрастает давление, необходимое для их деформирования.

Наиболее перспективным способом получения объемных наноматериалов является спекание нанопорошков под давлением. Для получения металлических наноматериалов предварительно прессуют заготовку с низкой плотностью (30...10%), а затем ее нагревают до температуры восстановления оксидов с выдержкой до полного их восстановления и прикладывают давление прессования, необходимое для достижения плотности, близкой к теоретической.

Для получения массивных равноплотных компактов с гомогенной зеренной структурой хорошо проявляют себя методы горячего изостатического прессования (ГИП) и газовой экструзии. При использовании метода ГИП следует учитывать, что высокая удельная поверхность нанопорошков приводит к их высокой газовой насыщенности. Поэтому перед компактированием порошки необходимо дегазировать.

Другим способом получения объемных нанокристаллических материалов является *кристаллизация объемных аморфных сплавов* (ОАС). Здесь задача подразделяется на две: получение собственно ОАС и их кристаллизация. Первая задача может быть решена при использовании закалки из расплава, обработки в шаровых мельницах с последующим компактированием и интенсивной пластической деформации. Важное значение для аморфизации имеет химический состав сплава.

Традиционным способом получения аморфных сплавов является легирование элементами-аморфизаторами, такими как С, Р, В и Zr.

Наиболее распространенным и изученным способом получения ОАС является закалка из расплава. Толщина обычно получаемой аморфной ленты в этом случае составляет 30 мкм.

К настоящему времени разработаны различные методы воздействия на материалы, позволяющие измельчить структуру. Однако традиционные методы термомеханической обработки металлов придают им крупнозернистое строение, поскольку используется высокая температура обработки, приводящая к росту зерен.

Необходимо также наличие высокого гидростатического давления, необходимого для предотвращения образования трещин и пор.

Метод интенсивной пластической деформации, заключающийся в деформировании с большими степенями деформации без изменения внешних размеров заготовки, позволяет получать объемные беспористые нанокристаллические металлы и сплавы. Такие методы, как кручение под гидростатическим давлением, равноканальное угловое прессование, мультиосевая деформация, знакопеременный изгиб, аккумулируемая прокатка, винтовое прессование позволяют деформировать заготовку без изменения размеров и формы, достигая необходимых высоких степеней деформации, создавать высокие плотности дефектов, необходимые для измельчения зерен.

Интенсивная пластическая деформация металлов (Cu, Co, Fe, Ni, Pd) до истинных логарифмических степеней деформации $e = 4...7$ позволяет получать в них однородную зеренную структуру со средним размером зерен 100...200 нм.

Механические свойства нанокристаллических материалов существенно зависят от размера зерен. При больших размерах зерен рост прочности и твердости с уменьшением размера зерен обусловлен введением дополнительных границ зерен, которые являются препятствиями для движения дислокаций, а при наноразмерных зернах рост прочности обусловлен низкой плотностью существующих дислокаций и трудностью образования новых дислокаций. Микротвердость нанокристаллических материалов в 2...7 раз выше, чем твердость крупнозернистых аналогов, причем это не зависит от метода получения материала.

Прочность нанокристаллических металлических материалов при растяжении существенно превышает прочность крупнозернистых аналогов как для чистых металлов, так и для сплавов, при этом значение пластичности достаточно высоко, что является следствием значительной зернограницной деформации. Механические свойства нанокристаллических материалов значительно превышают механические свойства крупнозернистых аналогов.

Износостойкость наноструктурных металлических материалов значительно выше износостойкости крупнозернистых сплавов. При уменьшении размера зерна в никеле от 10 мкм до 10 нм скорость износа уменьшается от 1 330 до 7,9 мкм³ / мкм.

Технология получения наноструктурных твердых сплавов включает синтез нанопорошков заданного фракционного и фазового состава, прессование и спекание. К настоящему времени разработаны различные способы получения нанопорошков тугоплавких металлов, карбидов и нитридов вольфрама, титана, ванадия, тантала и др. Порошки карбида вольфрама получают карбидизацией порошков металлического вольфрама или оксида вольфрама. Консолидация порошка осуществляется различными методами спекания под давлением [3].

Интерметаллиды по своим характеристикам занимают среднее положение между металлом и керамикой. Они имеют более высокую пластичность и вязкость разрушения, чем керамика. Такие свойства интерметаллидов, как температура плавления, модуль Юнга и отношение модуля Юнга к плотности, выше, чем для соответствующих металлов. Относительное удлинение интерметаллидов значительно увеличивается с уменьшением размера зерна.

Например, интерметаллиды на основе алюминидов титана являются перспективными материалами для применения в авиакосмической промышленности благодаря их высокой жаропрочности, жаростойкости, высо-

кой удельной прочности и модулю упругости, однако недостатком алюминидов титана является низкая пластичность (1...3%).

Методом всесторонней изотермическойковки получены интерметаллиды с размером зерен 100...500 нм, обладающие высокой пластичностью при комнатной температуре (1...20%) и сверхпластичностью при температурах на 200...400°C ниже, чем для аналогов с микронным размером зерен. Рост пластичности таких алюминидов титана при комнатной и повышенных температурах обусловлен повышенной релаксационной способностью границ зерен, которые благодаря этому способны обеспечить релаксацию напряжений в вершине дислокационных скоплений. Это значительно облегчает прокатку сплавов при комнатной температуре для изготовления листовых и фольговых заготовок.

Для получения наноструктурных покрытий используют различные методы: плазменное нанесение покрытий, физическое осаждение из газовой фазы, магнетронное напыление, химическое осаждение из газовой фазы, электролитическое осаждение и др.

Исследования трибологических характеристик детонационных покрытий из наноструктурированных (с размером зерна карбида вольфрама 17 нм) и крупнозернистых порошков твердых сплавов на основе карбида вольфрама с кобальтом показали, что наноструктурированное покрытие имеет предельную нагрузку, при которой наблюдается катастрофическое разрушение поверхности (на 20% выше, чем крупнозернистое покрытие). Коэффициент трения наноструктурированного покрытия на 40...50% меньше, чем для крупнозернистого покрытия.

Методом плазменного нанесения и лазерного оплавления получены износостойкие металлокерамические покрытия с ультрадисперсной упрочняющей фазой оксида алюминия для тяжело нагруженных узлов трибосопряжений. По критериям износостойкости, задиростойкости и антифрикционности разработанные покрытия значительно эффективнее твердого электролитического хромирования, а по экономическим показателям в условиях серийного производства и по экологии процесса существенно лучше. Например, нанесение таких покрытий на внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса роторно-пластинчатого насоса для перекачки травящего раствора в производстве печатных плат позволило в условиях серийного производства повысить ресурс работы насосов более чем в 20 раз.

Заключение. В машиностроении создание новых нанокристаллических материалов, покрытий и упрочняющих слоев приводит к оптимизации конструкций, повышению их надежности, энерго- и ресурсосбережению, улучшению трибологических, противоизносных и прочностных свойств изделий. Создание наноматериалов с повышенными физико-механическими свойствами имеет существенное значение при создании ряда новых изделий космической, электротехнической и медицинской техники.

Список цитируемых источников

1. Материаловедение и технология металлов : учеб. для ВУЗов по машиностр. специальностям / Г. П. Фетисов [и др.]. — М. : Высш. шк., 2000. — 537 с.
2. Технология конструкционных материалов : учеб. для студентов машиностр. ВУЗов / А. М. Дальский [и др.] ; под общ. ред. А. М. Дальского. — 5-е изд., испр. — М. : Машиностроение, 2003. — 511 с.
3. Гуткин, М. Ю. Физическая механика деформируемых наноструктур / М. Ю. Гуткин, И. А. Овидько ; Ин-т проблем машиноведения РАН. — СПб. : Янус, 2003. — Т. 1. Нанокристаллические материалы. — 192 с.

УДК 621.784.4

А. С. Демянчик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ НОЖЕЙ ИЗ СТАЛИ 65Г КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ НАНЕСЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ПОКРЫТИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Введение. Проблема повышения стойкости и долговечности деревообрабатывающего инструмента особенно сильно проявилась в последние годы в связи с резким их удорожанием. В настоящее время до 20% себестоимости продукции машиностроительных и деревообрабатывающих предприятий приходится на приобретение режущего инструмента, его повторные заточки и, соответственно, на трудовые и энергетические затраты.

В последнее время для модификации инструмента применяются методы конденсации с ионной бомбардировкой для получения высокопрочных покрытий на основе нитридов тугоплавких металлов (Ti, Mo, Cr, Zr), которые позволяют существенно увеличить физико-механические свойства различных материалов и, соответственно, улучшить эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в том числе при деревообработке [1; 2].

В ФТИ Беларуси и БарГУ выявлен и исследован эффект упрочнения сильным электромагнитным полем стальных изделий, в том числе закаленных, что открывает широкие перспективы в области упрочняющих технологий. Этот метод выгодно отличается от многих традиционных методов упрочнения простотой исполнения, низкими трудовыми затратами, малой энергоемкостью и экологической чистотой [3—5].

В связи с повышенными требованиями деревообрабатывающего производства к эксплуатационным характеристикам инструмента возникла необходимость создания комбинированных методов обработки, сочетающих различные виды высокоэнергетических и механических воздействий; например, МИО и химико-термическая обработка (ХТО); ХТО и МИО; МИО и ионное азотирование; ионное азотирование и МИО; пластическое деформирование и МИО и др.

Основная часть. Нанесение вакуумных покрытий производили на установке ВУ-1Б, а их последующую МИО — на магнитно-импульсной установке, разработанной и изготовленной в лаборатории механофизики формирования гетерогенных систем ФТИ и находящейся в научно-исследовательской лаборатории высокоэнергетических упрочняющих технологий БарГУ.

При проведении экспериментов постоянными факторами являлись обрабатываемый материал — сосна (для фрезерования деталей «наличник» и «дверной нащельник»), скорость вращения шпинделя станка — $6\,000\text{ мин}^{-1}$, а переменным фактором — количество обработанных погонных метров древесины. Для проведения равного по условиям работы эксперимента было принято решение снимать дереворежущие ножи при достижении контрольной точки (ножи подвергались проверке на предмет разрушения режущей кромки, а также выполнялись необходимые измерения).

Для исследования величины линейного износа дереворежущих ножей использовали универсальный измерительный микроскоп УИМ-23.

Приведем результаты измерений величины линейного износа дереворежущих ножей из стали 65Г до и после комбинированной высокоэнергетической обработки (КВО) (рисунок 1).

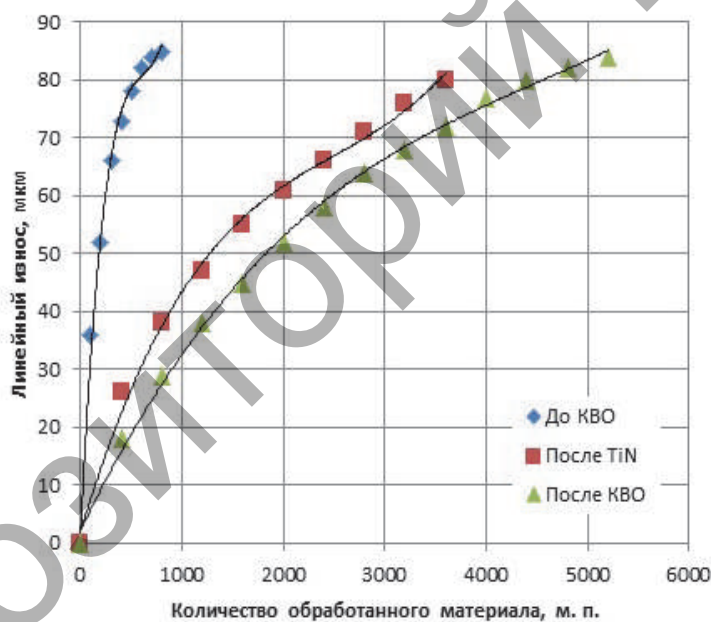


Рисунок 1 — Графики зависимости величины линейного износа до и после КВО в зависимости от количества обработанного материала

До КВО зависимость линейного износа характеризуется тремя фазами: приработанной, монотонной и аварийной.

Износ ножей протекает наиболее интенсивно при обработке первых 200 погонных метров (м. п.) древесины, что соответствует приработанному износу. За этот период величина линейного износа составила 52 мкм. Изменение данного параметра происходит не монотонно, особенно на начальном этапе обработки материала — в некоторых случаях происходят микрообломы лезвия.

Большая интенсивность износа в приработанный период связана с проявлением дефектного состояния прикромочной зоны и значительным напряжением, возникающим в достаточно остром лезвии ножа. При воздействии сил резания в этих местах происходит микроаварийный облом.

Вторая фаза износа начинается после обработки 200 м. п. материала, что соответствует монотонному износу.

После обработки 600 м. п. древесины возникает третья фаза износа — аварийная. Величина линейного износа дереворежущих ножей после обработки 800 м. п. древесины составила 85 мкм.

После нанесения упрочняющего покрытия нитрида титана (TiN) линейный износ режущей кромки ножей характеризуется двумя фазами: приработанной и монотонной.

Приработанный износ возникает при первых 400 м. п. обработки древесины. Величина линейного износа достигает 26 мкм.

После обработки 3 600 м. п. материала линейный износ дереворежущих ножей составил 80 мкм.

Процесс нанесения упрочняющего покрытия не снижает приработанный износ, однако является результатом уменьшения величины износа примерно в 2 раза.

По сравнению с дереворежущими ножами, не подвергавшихся КВО, износостойкость ножей с нанесенным покрытием увеличилась в 4,5 раза.

После нанесения на поверхность дереворежущего ножа покрытия TiN и последующей его обработки магнитно-импульсным воздействием (с энергией в импульсе 6 кДж) линейный износ режущей кромки сопровождается двумя фазами: приработанной и монотонной. Приработанный износ возникает при обработке первых 400 м. п. древесины. Линейный износ составил ≈ 20 мкм.

Заключение. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка позволяет уменьшить величину линейного износа дереворежущих ножей. Таким образом, результаты полученных исследований позволяют рекомендовать предложенный метод комбинированного высокоэнергетического упрочнения дереворежущих ножей из стали 65Г в производство.

Список цитируемых источников

1. Влияние TiN покрытий твердосплавных ножей на эксплуатацию дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ламинированных ДСтП / А. В. Алифанов [и др.] // Тр БГТУ. — 2012. — № 2: Лесная и деревообрабатывающая пром-сть. — С. 207—211.
2. Особенности износа упрочненных методом КИБ лезвий ножей дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ДСтП / А. А. Гришкевич [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. материалов VII Междунар. науч.-техн. конф., 19—21 сент. 2012 г., Минск. — Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2012. — Кн. 2. — С. 297—303.
3. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка изделий из конструкционных и инструментальных сталей / А. В. Алифанов [и др.] // Литье и металлургия. — 2012. — № 3. — С. 77—83.
4. Алифанов, А. В. Влияние режимов упрочняющей магнитно-импульсной обработки на прочностные характеристики дереворежущих ножей / А. В. Алифанов, Ж. А. Попова, А. С. Демяничик // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. «Промышленность. Прикладные науки». — 2012. — С. 74—78.
5. Алифанов, А. В. Механизм упрочнения легированных сталей в импульсном магнитном поле / А. В. Алифанов, Ж. А. Попова, Н. М. Ционенко // Литье и металлургия. — 2012. — № 4. — С. 151—155.

УДК 621.928.24

И. М. Корзун

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ РАЗДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО КРУПНОСТИ

Введение. Вибрационные машины получают всё более широкое применение в самых разнообразных отраслях промышленности. Расширяется область применения зарекомендовавших себя ранее вибромашин, создаются вибромашин для осуществления новых операций. Это обусловлено конструктивной простотой вибромашин во многих случаях более высокой, чем у обычных машин, технологической эффективностью.

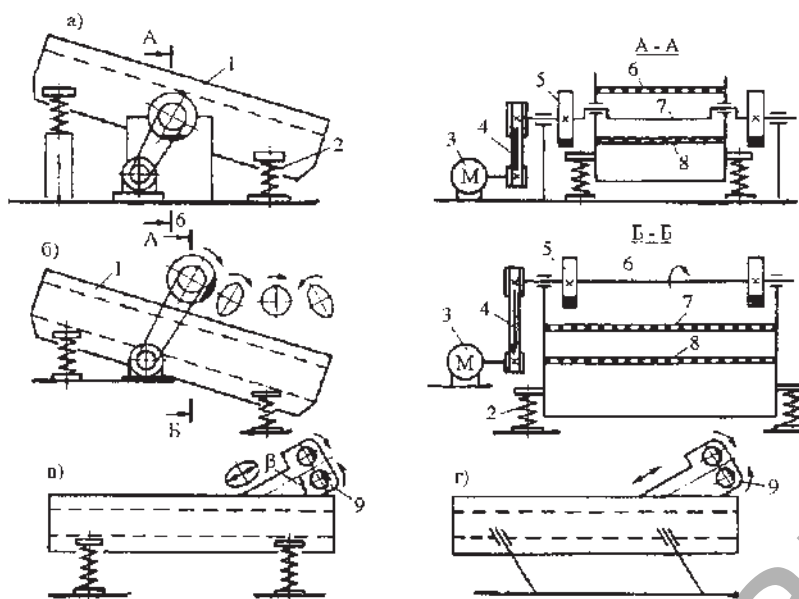
Основная часть. Грохоты классифицируют по типу просеивающей поверхности (колосниковые, плетенные и штампованные), по характеру ее движения (неподвижные, качающиеся, вибрационные и вращающиеся), по форме (плоские и цилиндрические) и по положению в пространстве (горизонтальные и наклонные).

Наиболее просты по устройству неподвижные колосниковые грохоты, в которых материал перемещается по наклонной просеивающей поверхности гравитационно. Производительность неподвижных грохотов невысокая, их применяют в основном для предварительного грохочения.

Барабанный грохот представляет собой установленный наклонно (под углом $5...7^\circ$ к горизонту) вращающийся барабан. Из-за низкого качества грохочения и большого расхода энергии барабанные грохоты имеют ограниченное применение.

Эксцентрикковый грохот (рисунок 1, а) состоит из наклонного под углом $15...20^\circ$ короба.

Инерционные грохоты устанавливают как наклонно (см. рисунок 1, б) — с углом к горизонту $10...25^\circ$, так и горизонтально (см. рисунок 1, в). В отличие от эксцентрикковых грохотов, амплитуда колебаний у которых постоянна, эта величина у инерционных грохотов изменяется в зависимости от загрузки грохота: с ее увеличением амплитуда колебаний короба автоматически уменьшается, защищая конструкцию от перегрузок. Наклонно устанавливаемые инерционные грохоты применяют для тяжелых условий работы, а также для предварительного грохочения крупнокусковых материалов перед первичным дроблением.



а — эксцентриковый; б — инерционный наклонный; в — инерционный горизонтальный

Рисунок 1 — Схемы плоских грохотов

Для классификации сыпучих материалов по крупности механическим способом могут быть использованы инерционные грохоты и грохоты с электромагнитным вибровозбудителем [1].

Принципиальная особенность этих грохотов состоит в том, что просеивающая поверхность совершает колебательные движения, источником которых является динамический привод, не имеющий жесткой кинематической связи с самой поверхностью. При этом характер колебательного движения, амплитуда и форма траекторий движения зависят исключительно от динамических факторов, таких как величина возмущающей силы, величина движущихся масс, жесткость и расположение пружин, частота колебаний [1].

Исследователь Л. А. Вайсберг в своей работе дает следующую классификацию инерционных грохотов: по характеру движения просеивающей поверхности различают грохоты с круговыми и близкими к ним колебаниями, грохоты с прямолинейными колебаниями и грохоты с близкими к прямолинейным колебаниями; по числу колеблющихся масс различают одно-, двух- и трехмассные; по числу вибровозбудителей — с одним, двумя, и т. д.; по способу синхронизации вибровозбудителей (если их более одного) — с принудительной кинематической синхронизацией, принудительной электрической синхронизацией, самосинхронизацией; по соотношению вынуждающей и собственной частоты колебаний различают дорезонансные, резонансные и около-резонансные; зарезонансные; межрезонансные грохоты; по числу просеивающих поверхностей — одно-, двух- и т. д.; по расположению просеивающей поверхности относительно горизонта — горизонтальные или слабонаклонные (до $5-6^\circ$), наклонные; по характеру перемещения просеивающей поверхности или ее частей относительно корпуса — с неподвижными и активными просеивающими поверхностями [1].

Вибрационные грохоты обладают такими достоинствами, как высокая эффективность грохочения за счет хорошего расслоения материала на поверхности грохота (85—90%); высокая производительность; низкое потребление электроэнергии.

Инерционный вибрационный грохот с эллиптической траекторией качания корпуса предназначен для грохочения нерудных материалов (рисунок 2).

Вибрационные грохоты могут работать как аппараты порционного или непрерывного действия. При порционном грохочении частицы помещаются на грохот и подвергаются вибрационному воздействию в течение заданного периода времени, так что число испытаний непосредственно связано со временем грохочения. При непрерывном грохочении частицы непрерывно подаются на один конец вибрационного грохота и двигаются под действием силы тяжести. Хотя непрерывное грохочение осуществляется в установившемся режиме, т. е. при постоянных во времени условиях подачи материала и потоках надрешетного и подрешетного продукта, а порционное грохочение носит неустановившийся характер.



Рисунок 2 — Вибрационный инерционный грохот

Заключение. Сам по себе традиционный вибрационный грохот не оказывает никакого воздействия на просеиваемый материал помимо пассивного перемещения его по поверхности сетки в горизонтальной плоскости, т. е. на самом деле ни один традиционный грохот не просеивает материал, а только лишь перемещает его по поверхности сетки. В связи с этим повышение эффективности сортировки достигается правильным выбором просеивающей поверхности, скорости движения материала по просеивающей поверхности и угла просеивающей поверхности в зависимости от гранулометрического состава материала.

Анализ конструкций виброгрохотов показал рациональность использования в качестве рабочего органа цилиндрической пружины, которой сообщается колебательное движение. Применение цилиндрической пружины позволит получать необходимые компоненты определённого гранулометрического состава различной влажности для строительных смесей, многоцелевых наполнителей, химических реагентов, удобрений и т. д.

Список цитируемых источников

1. Вайсберг, Л. А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов / Л. А. Вайсберг. — М. : Недра, 1986. — 144 с.

УДК 622.23.054.54

И. С. Лайша, А. А. Дубовский, Е. В. Пискун

Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА НА ПРОЧНОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Введение. Одной из основных научно-технических проблем развития технологии механического разрушения горных пород является расширение области применения серийных проходческих комбайнов на более прочные и абразивные породы, а также повышение их производительности и надежности.

Качество резцов влияет на стоимость проведения горных выработок. Удельный вес затрат, связанных с расходом режущего инструмента, в зависимости от горно-геологических условий может достигать 37% и более от затрат на проходку [1].

Общей реакцией производителей режущего инструмента на усложнение условий его применения обычно является увеличение размеров резцов, а также размеров и массы твердосплавных вставок (увеличение ширины режущих кромок для неповоротных резцов и увеличение отношения диаметра к длине вставки с увеличением первого для поворотных резцов) [2].

Целью исследования является изучение влияния геометрии инструмента и параметров режима разрушения на силовые и энергетические показатели процесса резания, прочность и износостойкость режущего инструмента.

Основная часть. Режущий блок включает в себя резец, резцедержатель, средства крепления резца в резцедержателе, средства установки и извлечения резцов из резцедержателей и оросители.

Для понижения температуры в зоне контакта резца с массивом и обеспечения взрывоопасности процесса разрушения режущие блоки оснащаются оросителями.

Для изготовления державок резцов используют легированные стали, принимающие закалку. Отечественные резцы для горного оборудования изготавливают из стали 35ХГСА. Традиционным методом изготовления державок поворотных резцов является токарная обработка, но в настоящее время все более широкое применение у ведущих производителей режущего инструмента находят методы изготовления державок объемной штамповкой и клиновым прокатом. Износостойкость и прочностные свойства таких державок несомненно выше, чем полученных токарной обработкой, что отражается на стойкости режущего инструмента в целом.

Надежность конструкции резца в определенной степени зависит также от прочности паяного соединения твердосплавной вставки и головки державки, определяемой свойствами используемого припоя. Следует уделять особое внимание величине коэффициента термического расширения материала припоя, значение которого

должно быть средним между коэффициентами термического расширения материала державки и твердосплавной вставки, что обеспечивает снижение величины остаточных напряжений при охлаждении с температур пайки.

Процесс изнашивания разных конструкций резцов, несмотря на их конструктивные особенности, имеет качественную общность. Рассмотрим основные формы износа резцов, оснащенных твердосплавными вставками цилиндрической формы (рисунок 1).

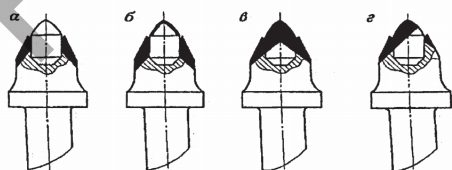


Рисунок 1 — Формы износа поворотных резцов с цилиндрическими вставками

Характерная особенность первой из них (см. рисунок 1, а) заключается в том, что в процессе взаимодействия инструмента с горной породой изнашивается головка державки, а износ твердосплавной вставки настолько незначителен, что им можно пренебречь. В результате изнашивания головки державки происходит постепенное обнажение (оголение) твердосплавной вставки. После того, как обнажение достигнет определенной высоты, величина которой зависит от параметров режима резания, физико-технических свойств породы, материала, формы и размеров твердосплавной вставки, происходит поломка (скол) последней. Такая форма износа наиболее характерна при разрушении пород с небольшой прочностью (до 30—40 МПа) и абразивностью (до 5—6 мг).

Вторая форма износа (см. рисунок 1, б) отличается от первой тем, что в процессе разрушения пород происходит изнашивание не только головки державки, но и твердосплавной вставки, однако с разной интенсивностью: головка державки изнашивается быстрее. Разница в интенсивности изнашивания может быть значительной, так как она зависит от прочности и абразивности разрушаемых пород. Такая форма износа характерна для пород с широким диапазоном прочности (30—90 МПа) и абразивности (ориентировочно 6—20 мг). Но и в этом случае наработка инструмента на отказ наиболее часто определяется поломкой твердосплавной вставки. Чем выше интенсивность изнашивания головки державки по сравнению с интенсивностью изнашивания вставки, тем скорее резец выйдет из строя при прочих равных условиях.

Характерная особенность третьей формы износа (см. рисунок 1, в) заключается в примерно одинаковой интенсивности изнашивания головки державки и твердосплавной вставки. В результате головка резца приобретает коническую форму, причем угол при вершине во многих случаях больше угла при вершине вставки в ее первоначальном виде. Резец выходит из строя при почти полном износе твердосплавной вставки. Эта форма износа наиболее часто встречается при разрушении пород с повышенной прочностью и абразивностью проходческими комбайнами тяжелого типа с высокой энерговооруженностью исполнительного органа. По всей видимости, такой характер изнашивания обусловлен тем, что более прочные горные породы, как правило, характеризуются меньшей пластичностью и более высокими значениями коэффициента бокового развала, в результате чего головка державки меньше контактирует с межщелевыми целиками горной породы.

На практике встречается и четвертая форма износа — односторонняя (см. рисунок, г). Ее образование обусловлено независимо от горно-геологических условий проходки заклиниванием хвостовика резца в отверстии резцедержателя чаще всего в результате попадания породной мелочи в зазор между ними, хотя возможны и другие причины, например, несоблюдение регламентированных допусков при изготовлении резцов и резцедержателей.

Таким образом, расход режущего инструмента при разрушении горных пород с относительно невысокой прочностью и абразивностью определяется главным образом износом головки державки резца, оголением твердосплавной вставки и ее последующей поломкой или потерей. При разрушении пород с повышенной прочностью и абразивностью расход режущего инструмента определяется в основном скоростью изнашивания режущей вставки, выполняющей защитную роль по отношению к головке державки.

В последние годы большинством ведущих производителей режущего инструмента освоено производство резцов с твердосплавными вставками грибовидной (ступенчатой) формы (рисунок 2) [3]. При разрушении пород с невысокой прочностью и абразивностью наработка на отказ таких резцов на 20—25% выше, чем серийных.

Процесс изнашивания протекает следующим образом. Вначале он охватывает зону вблизи от торцевой поверхности «грибка», в результате чего головка как бы уменьшается в диаметре. Затем износ охватывает все больший объем державки. После того как зона износа приблизится к хвостовику вставки или достигнет его, происходит скол или отрыв вставки.

Заключение. Выявлено, что серийный режущий инструмент имеет ограниченную область применения, обусловленную резким повышением расхода инструмента при разрушении прочных и абразивных горных пород. Чтобы усовершенствовать режущий инструмент, необходимо использовать более износостойкий материал.

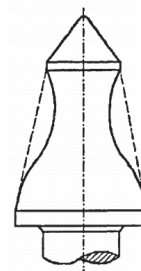


Рисунок 2 — Форма износа поворотных резцов с твердосплавной вставкой грибовидной (ступенчатой) формы

Список цитируемых источников

1. Мерзляков, В. Г. Состояние и перспективы развития способов разрушения горных пород применительно к технологиям проведения горных выработок / В. Г. Мерзляков, В. В. Присташ // Техника и технология открытой и подземной разработки месторождений : науч. сообщ. / ННЦ ГП-ИГД им. А. А. Скочинского. — М., 1998. — Вып. 310. — С. 41—50.
2. Позин, Е. З. Состояние и основные направления фундаментальных исследований в области разрушения угля и горных пород / Е. З. Позин, С. И. Мультанов, В. Г. Мерзляков // Гор. вестн. — 1991. — № 1. — С. 122—126.
3. Леванковский, И. А. Анализ и оценка влияния основных факторов и условий на износ поворотных резцов при работе проходческих комбайнов / И. А. Леванковский, Л. Б. Глатман // Разрушение горных пород и композиционных материалов поворотными резцами : сб. науч. тр. Вып. 1. — М. : Изд-во Акад. Гор. Наук, 1998. — С. 81—109.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Для снижения интенсивности изнашивания и повышения периода стойкости режущего инструмента в современном машиностроении разработано много разных методов упрочнения его поверхностей. После термообработки, финишных операций и заточки инструменты подвергаются еще дополнительной операции улучшения поверхностных слоев, которые осуществляются термическими, химико-термическими, химико-механическими, химическими и другими методами.

В результате этих операций можно исправить такие дефекты, как обезуглероживание, недостаточную и неравномерную структуру и твердость поверхностных слоев рабочей части инструмента.

Основная часть. Термические и химико-термические методы позволяют изменить химический состав и свойства поверхностных слоев инструментов, изготовленных из инструментальной стали. Такие изменения достигаются за счет диффузии различных элементов из внешней среды в инструментальный материал.

Из методов термической и химико-термической обработки чаще применяют обработку сухим и перегретым паром, цианирование и ионно-плазменное азотирование (далее — ИПА).

Обработка в атмосфере сухого и перегретого пара применяется для инструментов из быстрорежущих сталей. Инструменты после шлифования, заточки и обезжиривания помещают в герметически закрывающуюся печь и при 300...350°C начинают подачу пара под давлением 105 атмосфер в течение 20...30 мин для удаления воздуха из печи. Затем повышают температуру до 550...570°C, выдерживают 30...60 мин и охлаждают в атмосфере пара до 300...350°C.

После этого прекращают подачу пара и заканчивают охлаждение инструмента с печью или на воздухе с последующим промыванием его в горячем веретенном масле. В результате такой обработки на поверхности инструмента образуется темно-синяя пленка магнитной окиси железа Fe_2O_3 толщиной 2...5 мкм. Эта окисная пленка защищает инструмент от коррозии, а также удерживает смазку, понижает коэффициент трения. Кроме того, обработка паром снимает напряжения, способствует дальнейшему превращению аустенита во вторичный мартенсит в шлифованном поверхностном слое. Обработка паром является простой, дешевой и безопасной операцией.

При цианировании нагрев осуществляется в расплавленных солях, содержащих цианистые соли натрия $NaCN$ или калия KCN , либо в газовой среде, состоящей из смеси метана CH_4 и аммиака NH_3 . Состав и свойства цианированного слоя зависят от температуры проведения цианирования. Различают высокотемпературное (850...950°C) и низкотемпературное (500...600°C) цианирование. Чем выше температура цианирования, тем больше насыщение поверхностного слоя углеродом и меньше азотом. Глубина цианированного слоя равна 0,01...0,04 мм, твердость — 1 000 НВ.

Низкотемпературное жидкостное цианирование обычно осуществляется для инструментов из быстрорежущих сталей в соляных цианистых ваннах. Инструмент погружается в тигель с расплавленными солями: 50% цианистого калия KCN и 50% цианистого натрия $NaCN$ с температурой плавления смеси около 490°C, 96...98% цианистого натрия $NaCN$ и 2...4% соды Na_2CO_3 с температурой плавления смеси около 550°C, 60% цианистого натрия $NaCN$ и 40% соды Na_2CO_3 с температурой плавления смеси около 440°C [2].

Эффективность процесса цианирования во многом зависит от характера износа и способа переточки инструмента. Наибольшая эффективность процесса цианирования наблюдается для таких инструментов, как резцовые и червячные фрезы, долбяки, фасонные резцы и метчики, переточка которых производится только по передней поверхности. Значительный эффект имеет также цианирование у таких инструментов, как сверла и зенкеры, сохраняющие после переточек цианированный слой на передних поверхностях и на вспомогательных режущих лезвиях.

Несколько меньший эффект имеет цианирование для цилиндрических и концевых фрез, сохраняющих при переточках цианированный слой лишь на передних поверхностях. Шлицевые же фрезы и отрезные резцы, у которых цианированный слой полностью удаляется после переточки, следует подвергать повторному цианированию.

Однако многократное цианирование увеличивает хрупкость зубьев инструмента. К тому же у этих инструментов, изнашивающихся как по задней, так и в виде лунки по передней поверхности, цианированный слой сохраняется только в начальный период работы. Разрушенный цианированный слой выполняет роль абразива, ускоряя образование лунки, и тем самым способствует понижению стойкости инструмента. В связи с этим повторное цианирование таких инструментов не следует производить.

Многие недостатки этого метода можно исправить с помощью другого более совершенного метода — ИПА. Этот метод позволяет улучшить такие характеристики режущих инструментов, как износостойкость, теплостойкость и коррозионную стойкость, а также вместе с поверхностным насыщением проводится закалка.

В зависимости от глубины насыщаемого слоя и требуемой твердости можно управлять процессом за счет режимов обработки.

Сущность этого метода заключается в том, что в разряженной до 250 атмосфер азотосодержащей газовой среде между катодом, на котором располагается инструмент, и анодом (стенки вакуумной камеры) возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы). Под действием температуры порядка 545°C происходит насыщение поверхностей инструментов ионами азота. На поверхности инструментов образуется слой, состоящий из внешней (нитридной) и располагающейся под ней диффузной зоны [1; 2].

Исследования проводились на отрезных и шлицевых фрезах (ранее обработанных вышеуказанными методами) на базе БарГУ на установке ИПА: фрезы диаметром 60 мм, изготовленные из быстрорежущей стали Р6М5, с твердостью 61...63HRC (рисунок 1). После обработки на ИПА получили более высокую твердость поверхностей и улучшенные режущие характеристики этих инструментов.

После испытаний (отрезание заготовок и прорезание шлицев головок винтов) при наблюдении под микроскопом модели Ftemj-2000 на режущей части фрез не наблюдалось изменения структуры, формы зубьев, их деформации и цвета.

Заключение. Исследования показывают, что метод ИПА является более совершенным. В сравнении с широко используемыми способами упрочняющей термической и химико-термической обработки материалов (закалка, цементация, нитроцементация, цианирование, газовое азотирование в печах) метод ИПА имеет ряд преимуществ: более высокая твердость азотированных поверхностей; отсутствие деформаций и коробления после обработки; высокая коррозионная стойкость обработанных поверхностей; более низкая температура обработки (400...600°C), благодаря чему не изменяется структура материала; сохранение азотированного слоя при нагреве до 600...650°C; возможность обработки изделий неограниченных размеров и формы; процесс является высокопроизводительным, ресурсосберегающим и безотходным; экологически чистая технология.



Рисунок 1 — Общий вид отрезной (на переднем плане) и прорезной (шлицевой) фрезы

Список цитируемых источников

1. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б. Н. Арзамасов [и др.]. — М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. — 400 с.
2. Смольников, Е. А. Термическая и химико-термическая обработка инструментов в соляных ваннах / Е. А. Смольников. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1989. — 311 с.

УДК 621.9.048

М. В. Нерода¹, кандидат технических наук, доцент, **Д. Канашка**², кандидат технических наук, доцент
¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи
²Латвийский сельскохозяйственный университет, Елгава, Латвия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Введение. Для экономии материальных средств и продления срока службы деталей машин, работающих в условиях интенсивного износа, применяются различные методы упрочнения и восстановления поверхностей. Эффективными методами являются методы газотермического напыления покрытий и методы наплавки. Повышенные физико-механические свойства таких покрытий затрудняют их последующую механическую обработку. В статье представлен анализ комбинированных способов обработки твердых материалов, а также предложен оптимальный метод магнитно-электрического шлифования, позволяющий повысить производительность процесса обработки при сохранении требуемых качественных характеристик поверхностей.

Основная часть. Процессы, лежащие в основе методов обработки с применением электрических и магнитных полей в зоне обработки, подразделяют на четыре группы: электроэрозионные, при которых материал покрытия удаляется в результате действия электрических разрядов; электрохимические, использующие преобразование электрической энергии в энергию, которая затрачивается на анодное растворение заготовки; лучевые, основанные на воздействии высококонцентрированных потоков энергии, и ультразвуковые, в которых обрабатываемый материал механически скалывается [1].

Перспективным направлением при обработке упрочняющих покрытий является применение электрофизических способов обработки [2—4], к которым относят: электроискровой, электроимпульсный, анодно-механический, ультразвуковой, а также лучевой и др.

Электроалмазное шлифование представляет собой высокопроизводительный способ обработки износостойких покрытий, титановых сплавов, вольфрамокобальтовых сплавов и жаропрочных сталей [5].

Работа токопроводящего круга заключается во внедрении алмазных зерен в заготовку при приложении нормальной силы и срезании части припуска. При протекании постоянного тока через электролит, находящийся между зернами круга, связкой и деталью, происходит электрохимическое растворение обрабатываемого материала, облегчается работа алмазных зерен. Вследствие контакта связки с заготовкой и высокой частоты вращения круга в зоне обработки возникают электроэрозионные процессы, приводящие к изменению свойств обрабатываемого материала и появлению на его поверхности электроэрозионных лунок [5]. Достоинством способа является высокая производительность процесса, возможность обработки материалов с высокими физико-механическими свойствами. Недостатком служит повышенный расход алмазных зерен, применение дорогостоящего инструмента и специального оборудования [5].

Электроабразивное шлифование по принципу обработки и оборудованию в основном соответствует процессу электроалмазного шлифования. Производительность данного способа на 1 мм ширины круга при глубине врезания до 1 мм достигает $1\ 000\ \text{мм}^3 / \text{мин}$ [6], при плотности тока $1,2 \dots 1,4\ \text{А} / \text{мм}^2$. Положительной особенностью процесса является применение более дешевого инструмента по сравнению с алмазным шлифованием, но применение сложного оборудования удорожает процесс обработки [6].

Процесс электроэрозионного шлифования основан на эффекте расплавления и испарения микропорций материала под тепловым воздействием импульсных электрических разрядов между поверхностью обрабатываемой детали и электрод-инструментом, погруженным в жидкую среду.

Электроэрозионное шлифование имеет свои особенности [7]. Твердость электрод-инструмента не обязательно должна превышать твердость обрабатываемого материала, поэтому электрод-инструменты изготавливают из сплавов цветных металлов. Использование этих сплавов упрощает и удешевляет производство таких электродов; производительность процесса и качество обработки не зависят от твердости материала заготовки; во время обработки заготовка не контактирует с электрод-инструментом. Обработка заготовки ведется в жидкой, вязкой диэлектрической среде, обеспечивающей демпфирование электрод-инструмента. Отклонение профиля после электроэрозионного шлифования лежит в пределах $0,005 \dots 0,05\ \text{мм}$, шероховатость обработанной поверхности Ra — $2,5 \dots 0,25\ \text{мкм}$, производительность — до $260\ \text{мм} / \text{мин}$. Дефектный слой может достигать на черновых высокопроизводительных режимах до $0,2\ \text{мм}$; на чистовых и доводочных — менее $0,003\ \text{мм}$ [8].

Особенности магнитно-абразивной обработки — непрерывный контакт порошка с обрабатываемой поверхностью детали, что дает возможность повысить точность ее геометрических размеров и формы, снизить циклические нагрузки на систему «станок—приспособление—инструмент—деталь»; отсутствие жесткого крепления абразивного зерна в связке, способствующее самопроизвольному нивелированию режущего инструмента относительно формы обрабатываемой поверхности, устраняющее вероятность появления в зоне обработки критических давлений и температур и повышающее физико-механические показатели качества поверхностного слоя материала изделия; осуществление размерной или безразмерной (декоративной) обработки, обеспечивающей за $10 \dots 120\ \text{с}$ съём металла или сплава $0,02 \dots 0,5\ \text{мм}$ на диаметр; снижение шероховатости с $1,25 \dots 0,32\ \text{мкм}$ до $0,08 \dots 0,01\ \text{мкм}$ [9; 10].

При *электрохимическом шлифовании* разрушение обрабатываемой поверхности происходит за счет анодного растворения и абразивного воздействия зерен шлифовального круга. Производительность процесса достигает $2\ 500\ \text{мм}^3 / \text{мин}$. Точность обработки находится в пределах $0,08 \dots 0,15\ \text{мм}$; шероховатость обработанной поверхности Ra — в пределах $2,5 \dots 1,25\ \text{мкм}$.

Рабочая среда — электролиты различного состава [11]. К основным недостаткам способа следует отнести сложное оборудование и низкую экологическую чистоту процесса.

Наиболее эффективными в ряде случаев являются комбинированные методы обработки, к числу которых относится *магнитно-электрическое шлифование* (далее — МЭШ) [12]. В его основе лежат процессы, связанные с механическим резанием зернами абразива, электроэрозионным и термическим воздействием технологического тока на поверхность упрочняющего покрытия под влиянием внешнего магнитного поля. Данный вид шлифования является высокопроизводительным способом обработки токопроводящих материалов с высокими физико-механическими свойствами. Производительность обработки МЭШ может достигать $3\ 000\ \text{мм}^3 / \text{мин}$. Шероховатость обработанной поверхности Ra находится в пределах $0,32 \dots 1,25\ \text{мкм}$.

Особенностью способа является возможность изменения свойств поверхностного слоя обрабатываемого материала в заданном направлении за счет действия технологического тока и внешнего магнитного поля.

Заключение. Метод обработки поверхностей МЭШ, в зоне обработки которого используются дополнительные источники энергии технологического тока и электромагнитного поля, позволяет значительно повысить производительность обработки (по сравнению с традиционным шлифованием в $1,5 \dots 2$ раза). Преимущества МЭШ по сравнению с аналогичными методами (электроалмазным, электроабразивным, электроэрозионным) заключаются также в применении более дешевого (по сравнению с электроалмазным в $2 \dots 3$ раза) инструмента, возможности обеспечения процесса МЭШ на станках шлифовальной группы путем их модернизации. Важным является и то, что, управляя режимами МЭШ, можно изменять физико-механические свойства упрочняющих покрытий (повышать твердость, уменьшать шероховатость поверхности, повышать прочность сцепления покрытий с основой). Представляется перспективным применение способа МЭШ к упрочняющим покрытиям, полученным наиболее распространенными методами: газопламенным напылением и наплавкой.

Список цитируемых источников

1. Размерная электрическая обработка металлов : учеб. пособие / Б. А. Артамонов [и др.] ; под ред. А. В. Глазкова. — М. : Высш. шк., 1978. — 336 с.
2. Кузнецов, Э. Г. Исследование восстановления автомобильных деталей типа «вал-втулка» с использованием электрофизических способов обработки : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э. Г. Кузнецов. — М., 1979. — 16 с.
3. Способ электроэрозионной обработки : а. с. 270157 СССР : № 1279710/25-08 / Ю. И. Сенин, А. Б. Сосенко, В. Е. Лебедев, М. Л. Левит ; заявл. 01.11.68 ; дата публ.: 1981. — № 29.
4. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / Б. А. Артамонов [и др.] // Обработка материалов с применением инструмента / под ред. В. П. Смоленцева. — М. : Высш. шк., 1983. — Т. 1. — 247 с.
5. Крымов, В. В. Алмазное шлифование деталей из титановых сплавов и жаропрочных сталей / В. В. Крымов, В. А. Горелов. — М. : Машиностроение, 1981. — 61 с.
6. Клубникин, В. С. Плазменное напыление покрытий в активных средах / В. С. Клубникин, М. В. Карасев, Г. К. Петров. — Л. : О-во «Знание» РСФСР, ЛО, ЛДНТП, 1990. — 20 с.
7. Шумов, Е. Г. Электроэрозионное шлифование / Е. Г. Шумов, Е. А. Деев. — М. : Машиностроение, 1977. — 48 с.
8. Немилев, Е. Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов / Е. Ф. Немилев. — Л. : Машиностроение : Ленингр. отд-ние, 1989. — 164 с.
9. Кожуро, Л. М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л. М. Кожуро, Б. П. Чемисов ; под ред. Н. Н. Подлекарева. — Минск : Навука і тэхніка, 1995. — 232 с.
10. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле / П. И. Ящерицын [и др.]. — Минск : Наука и техника, 1988. — 272 с.
11. Проектирование технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие для вузов / И. П. Филонов [и др.] ; под общ. ред. И. П. Филонова. — Минск : Технопринт, 2003. — 910 с.
12. Дмитриченко, Э. И. Разработка и исследование процесса магнитно-электрического шлифования деталей машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08. / Э. И. Дмитриченко ; Моск. автомобилестроит. ин-т. — 1991. — 17 с.

УДК 678:538.911

Е. В. Овчинников¹, доктор технических наук, доцент, **А. П. Возняковский**², доктор химических наук, профессор, **В. А. Ляпо**¹, доктор физико-математических наук, профессор, **И. А. Петропавловский**³, доктор технических наук, **А. А. Возняковский**⁴, **Е. И. Эйсымонт**¹, кандидат технических наук

¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно

²Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт синтетического каучука им. академика С. В. Лебедева», Санкт-Петербург, Российская Федерация

³Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», Москва, Российская Федерация

⁴Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе Российской академии наук», Санкт-Петербург, Российская Федерация

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Введение. Создание функциональных композиционных материалов на основе термопластичных полимеров достигается путем модифицирования порошками, кластерами, волокнами, агломератами различной степени дисперсности [1—8]. Перспективным направлением в области создания новых материалов на базе полимеров является использование низкоразмерных частиц. Применение данного типа веществ определено их отличием в физико-химических характеристиках от объемных материалов той же природы. В 90-х годах прошлого столетия одним из перспективных нанодисперсных модификаторов считался низкоразмерный углерод, получаемый по бризантной технологии с отрицательным кислородным балансом [9; 10]. Применение данного модификатора позволило создать широкую гамму различных композиционных материалов на основе полимерной, полимер-олигомерной матриц [11]. Однако основной проблемой применения ультрадисперсных углеродных частиц является низкая термодинамическая совместимость с модифицируемым полимерным материалом. Решить данную проблему позволяет применение функционализированных углеродных частиц, что достигается путем модифицирования поверхности детонационных наноалмазов (ДНА) радикалами различной природы. Одним из перспективных направлений использования функционализированных ДНА (ФДНА) является применение их для получения полимерных нанокомпозитов непосредственно в процессе синтеза. Этот подход позволяет избежать таких нетехнологических операций, как наполнение чернотой растворов или расплавов.

Основная часть. В настоящее время показано, что элементарный углерод способен образовывать сложные геометрические поверхности, состоящие из пяти-, шести-, семи- и восьмиугольников. С 80-х годов XX века были открыты различные формы элементарного углерода — фуллерены и нанотрубки, гигантские фуллерены и луковичные структуры, тороидальные и спиральные формы углерода. Морфология данных частиц достаточно различна, что обусловлено различными технологическими процессами формирования структуры. Исходя из проведенных исследований можно характеризовать углеродные нанокластеры, полученные по различным технологиям, как образования сложного строения, имеющие поверхностный слой с активными фрагментами, в большинстве случаев обладающими свободными электронами, причем наличие свободных электронов обуслов-

лено высокой степенью дефектности алмазо- и графитоподобных структурных составляющих наночастиц на основе углерода, что обеспечивает реализацию координирующего действия модификаторов на граничные слои полимера, а также особым составом периферийных слоев функционализированных углеродных кластерных частиц, что, в свою очередь, приведет к интенсификации адгезионного взаимодействия на границе раздела «полимерная матрица — наполнитель». Такое строение частиц предполагает их повышенную активность в полимерных композициях. В связи с этим следует ожидать, что модификатор подобного типа окажет существенное влияние на основные служебные характеристики термопластичных полимерных материалов конструкционного назначения.

Исследованы особенности морфологии дисперсных частиц наномодификаторов и различного состава, габитуса и технологии получения. Кластерное строение функционализированных углеродных частиц с сочетанием различных иерархических уровней обуславливает особенности структуры монолитизированных блоков и их деградации при различных видах энергетического воздействия — механического, термического, лазерного, ионизирующего и др. Характерная морфология поверхности единичных частиц ФНДА создает предпосылки для направленного модифицирования дисперсными частицами с различными геометрическими характеристиками. При корреляции размерных характеристик частиц модификатора и матрицы обеспечивается эффект формирования упорядоченной надмолекулярной структуры с повышенной устойчивостью к воздействию механических и тепловых нагрузок.

Установлено, что при создании композиционных материалов на основе полимера с наноразмерными функционализированными частицами углеродных наполнителей-модификаторов необходимо добиваться, чтобы эти частицы были распределены равномерно по всему объему композита. Обычно такие полимерные нанокompозиты для достижения равномерного распределения разжижают вещество с распределенным в нем модификатором и механическим способом перемешивают. Объемная концентрация наполнителя невелика и, как правило, не превышает ~5%. Но и в этом случае возможно комкование, т. е. на начальных этапах изготовления в определенной степени достигается равномерность распределения частиц наполнителя. Однако в дальнейшем образование кластеров из частиц наполнителя (комков) становится практически неизбежным.

Исследован механизм реализации синергического эффекта увеличения физико-механических, триботехнических, адгезионных и других служебных характеристик нанокompозитов на основе термопластичных полимерных и олигомерных связующих при введении в их состав допинговых добавок наноразмерных и нанофазных модификаторов, основанный на реализации явления структурного упорядочения окружающей матрицы под действием силового поля, формируемого собственным или приобретенным зарядом частицы. Установлено положительное влияние нанокompозиционных частиц «алюминий-углеродные нановолокна» на физико-механические характеристики полимерных матриц. Применение данных аддитивов целесообразно для создания композиционных материалов различного функционального назначения, в том числе триботехнических. Показано, что при добавлении уже 1% массы углеродных нановолокон наблюдается рост твердости по сравнению с чистым алюминием с 30 до 60 НВ, а также падение теплопроводности с 237 до 60 Вт/(м·К). Резкий рост твердости полученного композита объясняется природой углеродных нановолокон и их высокими прочностными свойствами. Резкое снижение теплопроводности объясняется тем, что каждая частица алюминия эффективно отделяется от остальных частиц слоем из хаотически направленных углеродных нановолокон с низкой теплопроводностью.

Заключение. Исследованы физико-механические характеристики и структурные особенности термопластичных матриц, модифицированных функционализированными углеродными частицами. Изучены процессы взаимодействия в системе «полимерная матрица — функционализированные наноалмазы». Определены оптимальные концентрации содержания модификаторов в полимерных материалах.

Список цитируемых источников

1. Фейнман, Р. Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики / Р. Ф. Фейнман // Рос. хим. журн. — 2002. — Т. 46, № 5. — С. 4—6.
2. Nanomaterials: Syntesis, Properties and Applications / Eds. A. S. Edelstein, R. C. Caminarata. — Baltmor : The Jahns Hopkins University, 1998. — 620 p.
3. Скаскевич, А. А. Структура и технология малонаполненных машиностроительных материалов на основе конструкционных термопластов, модифицированных углеродными нанокластерами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.06 / А. А. Скаскевич. — Минск : БГТУ, 2000. — 18 с.
4. Металлополимерные нанокompозиты: особенности структуры, технология, применение / А. А. Рыскулов [и др.] ; под науч. ред. В. А. Струка, В. А. Лиопо. — Гродно : ГГАУ, 2010. — 335 с.
5. Полимер-силикатные машиностроительные материалы, физико-химия, технология, применение / С. В. Авдейчик и [др.] ; под ред. В. А. Струка, В. Я. Щербы. — Минск : Тэхналогія, 2007. — 431 с.
6. Охлопкова, А. А. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями / А. А. Охлопкова, А. В. Виноградов, Л. С. Пинчук. — Гомель : ИММС НАНБ, 1999. — 164 с.
7. Петрова, П. А. Разработка машиностроительных материалов на основе политетрафторэтилена и природных цеолитов якутских месторождений: (машиностроение) : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 / П. А. Петрова. — Гомель, 2002. — С. 125.
8. Наноматериалы и нанотехнологии / В. М. Анищик [и др.] ; под ред. В. Е. Борисенко, Н. К. Толочко. — Минск : Изд. центр БГУ, 2008. — 375 с.
9. Долматов, В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение / В. Ю. Долматов. — СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. — 344 с.
10. Витязь, П. А. Нанокристаллические алмазы и перспективы их использования / П. А. Витязь // Наноструктурные материалы: получение и свойства. — Минск : НАНБ, 2000. — С. 8—20.
11. Механизмы формирования структуры нанокompозиционных материалов на основе полимерных и олигомерных матриц / В. А. Лиопо [и др.] // Прогрессивные машиностроительные технологии / А. В. Киричек [и др.] ; под ред. А. В. Киричека. — М., 2012. — Т. II. — С. 159—227.

Е. В. Овчинников¹, доктор технических наук, доцент, **Н. М. Чекан**², кандидат физико-математических наук, **И. П. Акула**², кандидат физико-математических наук, **А. А. Пушкарев**³, кандидат физико-математических наук

¹Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно

²Государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск
³Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», Минск

ВЛИЯНИЕ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Введение. В настоящее время активно разрабатывается и исследуется новый класс композиционных покрытий, отличающихся стабилизированной структурой с наноразмерными включениями керамических и интерметаллидных фаз. Это достигается путем применения в формируемых тонкослойных системах двух, трех и более химических элементов, осаждаемых одновременно в вакууме на субстрат. Данные покрытия на основе рефракторных металлов применяются для получения структур с различными физико-механическими характеристиками. Изменяя условия осаждения (давление реакционного газа в вакуумной камере, ток дуги и т. п.), возможно варьировать фазовым и элементным составом покрытия, изменять концентрацию химических соединений по толщине покрытия, что позволяет получить слои с заданными функциональными характеристиками: прочности, твердости, адгезионной и коррозионной стойкости, высокими триботехническими параметрами. В ряде работ [1; 2] показано влияние процессов кристаллизации на износостойкость вакуумных покрытий, сформированных на базе соединений хрома. Оптимальными триботехническими характеристиками обладают покрытия на базе соединений хрома и азота [1]. В данных работах рассмотрены тройные нитридные системы на основе хрома, такие как (Ti,Cr)N, (Cr,Al)N и (Cr,Ta)N. Однако, как отмечают авторы [1], непосредственное напыление стехиометрических составов соответствующих нитридов на поверхность подложки уменьшает адгезионную прочность благодаря их высокой хрупкости и сжимающим напряжениям. Формирование покрытий, содержащих в своем составе большое количество химических элементов, представляет собой сложную технологическую задачу, что сказывается на физико-механических параметрах, получаемых защитных и триботехнических слоев. В ряде случаев возможно получать высокие эксплуатационные характеристики покрытий путем применения специальных методов термической обработки, в частности обработкой при пониженных температурах [1; 2].

Целью данной работы является изучение структуры и физико-механических характеристик вакуумных покрытий хрома и нитрида хрома, обработанных при криогенных температурах.

Основная часть. Формирование покрытий Cr, CrN катодно-дуговым методом осуществляется на вакуумных установках, оснащенных DC-источниками плазмы хрома, ионными источниками для очистки и травления, а также системами нагрева изделий и источниками высокого напряжения для подачи потенциала смешения на подложку. Для улучшения адгезии перед нанесением покрытий осуществляется ультразвуковая мойка изделий с применением обезжиривающих реагентов, затем сушка и прогрев до 150°C. Нанесения покрытий проводили при токе дуги 55...60 А в атмосфере азота, давление которого поддерживается на уровне 0,05...0,1 Па, на предварительно нагретые до 400°C изделия. Определение значения поверхностной энергии сформированных покрытий проводили исходя из значений краевых углов смачивания полярной и неполярной жидкостей. Твердость измеряется на микротвердомере типа ПМТ-3 с использованием алмазной пирамидки Кнупа при условии, что толщина покрытия не менее 3 мкм. Нагрузка на пирамиду изменялась от ~ 0,1 до 0,5 Н. Величина адгезии оценивается по методу скретч-тестирования на соответствующих приборах, оснащенных алмазным стилусом с радиусом закругления 200 мкм. Фазовый состав покрытий контролируется с использованием стандартных методов рентгеновской дифракции. Низкотемпературная обработка покрытий проводилась при T = -195,75°C. Время выдержки в жидком азоте исследуемых образцов варьировали от 30 до 120 мин. Проведенные исследования по определению значений поверхностной энергии покрытий хрома и нитрида хрома показали уменьшение значений исследуемой физической величины при формировании защитных покрытий на поверхности субстрата, изготовленного из стали 40X (таблица 1).

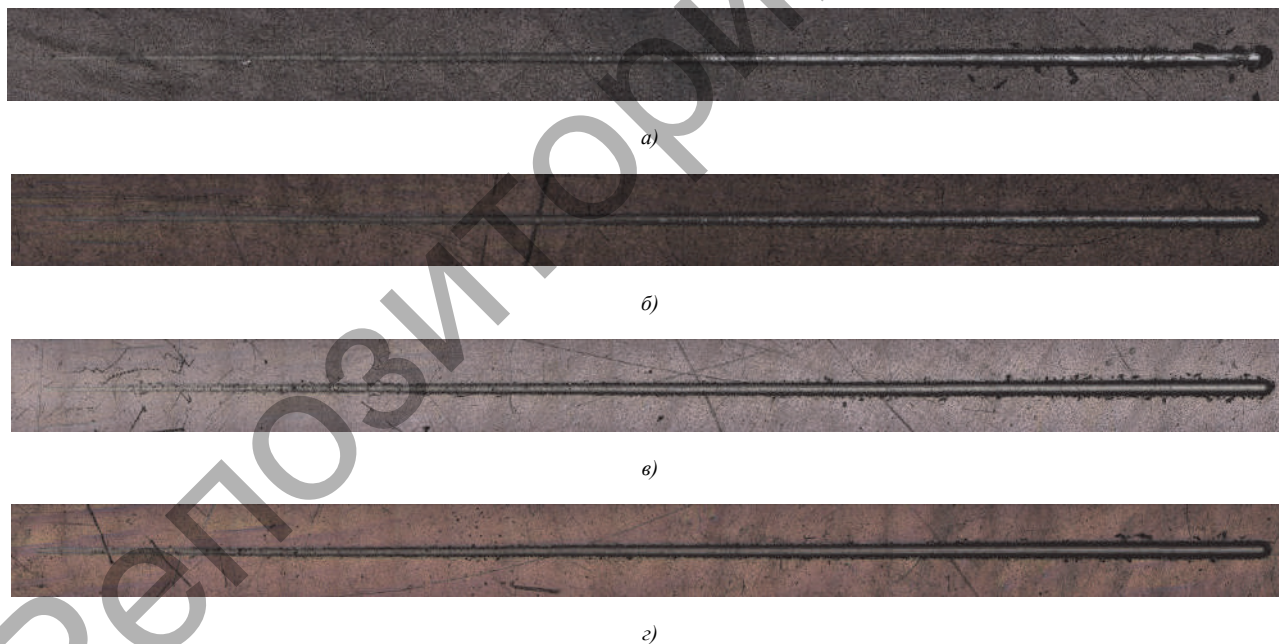
Наименьшей поверхностной энергией обладают вакуумные покрытия, сформированные из хрома. Соединения на базе нитридов хрома имеют значения поверхностной энергии на ~ 30% больше, чем для хромового покрытия. Обработка вакуумных покрытий в криогенных жидкостях приводит к неоднозначным результатам. При небольших временах выдержки в жидком азоте наблюдается уменьшение значения поверхностной энергии для покрытий нитрида хрома. Дальнейшее возрастание времени выдержки в криогенной среде исследуемых образцов приводит к резкому увеличению значений поверхностной энергии, что может свидетельствовать о структурных превращениях, происходящих в покрытиях при криогенной обработке. Согласно данным, полученным методом рентгеноструктурного анализа, происходит уменьшение размеров областей когерентного рассеяния рентгеновского излучения при обработке вакуумных покрытий в криогенных жидкостях.

Т а б л и ц а 1 — Значения поверхностной энергии вакуумных покрытий на базе соединений хрома в зависимости от времени выдержки при криогенной температуре

Тип подслоя, вид обработки	Сталь 40X	CrN	CrN, 30 мин*	CrN, 60 мин*	CrN, 120 мин*	Cr, 60 мин*
Угол смачивания вазелинового масла, °	32°30'	16°50'	19°50'	29°55'	16°15'	21°30'
Угол смачивания водой, °	81°10'	76°40'	78°55'	55°51'	56°10'	82°25'
Работа адгезии вазелинового масла, мДж	55,36	58,76	58,24	56,03	58,82	57,95
Работа адгезии воды, мДж	83,09	88,88	86,24	112,51	112,10	81,66
Дисперсионный компонент поверхностной энергии, мДж / м ²	0,67	0,92	0,50	21,08	16,19	0,02
Полярный компонент поверхностной энергии, мДж / м ²	40,38	46,94	42,26	118,39	109,85	33,86
Поверхностная энергия, мДж / м ²	41,05	47,86	42,76	139,47	126,04	33,88

Примечание. *— время выдержки в криогенной жидкости субстрата (сталь 40X) с вакуумными покрытиями на базе соединений хрома.

Изменение значений поверхностной энергии вакуумных покрытий при обработке в криогенных жидкостях, структурные трансформации должны приводить к изменению физико-механических характеристик исследуемых хромовых пленок, сформированных на стали 40X. Представленные ниже результаты исследований по определению адгезионных характеристик исследуемых покрытий подтверждают данное предположение. Наблюдается увеличение адгезионной прочности модифицированных вакуумных покрытий ~ 2 раза по сравнению с исходными образцами (рисунок 1).



а — Cr; б — Cr, обработанный в жидком азоте в течение 60 мин; в — CrN; г — CrN, обработанный в жидком азоте в течение 120 мин

Рисунок 1 — Адгезионные характеристики вакуумных покрытий, сформированных на стали 40X

Заключение. Проведение криогенной обработки соединений на основе хрома в большинстве случаев приводит к активации исследуемых образцов, что выражается в немономном изменении значений удельной поверхностной энергии. Значения удельной поверхностной энергии зависят как от длительности выдержки образцов в криогенной жидкости, так и от химического состава и строения исследуемых образцов. Обработка в криогенных жидкостях увеличивает адгезионные и прочностные характеристики вакуумных плазмо-химических покрытий.

Список цитируемых источников

1. Злоцкий, С. В. Структура и механические свойства титан-хромнитридных градиентных покрытий, полученных вакуумно-дуговым осаждением : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / С. В. Злоцкий. — Минск, 2016. — 136 л.
2. Влияние криогенных температур на физико-механические характеристики плазмохимических покрытий : INTERMATIC-2014 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 1—5 дек. 2014 г. / под ред. акад. РАН А. С. Сигова. — М. : Энергоатомиздат, 2014. — Ч. 2. — С. 70—72.

УДК 621.9

Ю. А. Расторгуева, В. В. Малеронок

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СО СЛОЖНЫМ ПРОФИЛЕМ УПРОЧНЯЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Введение. Повышение износостойкости металлорежущего инструмента является крайне важным вопросом в современном машиностроении. Основными направлениями повышения износостойкости инструмента являются применение новых материалов и физические методы, изменяющие физико-механические свойства уже используемых материалов инструмента. Одним из таких методов поверхностного упрочнения металлорежущего инструмента является магнитно-импульсная обработка (далее — МИО), основанная на применении магнитного импульсного поля на поверхность металлорежущего инструмента, что способствует улучшению её механических и физических свойств. Помимо повышения твердости поверхности и износостойкости металлорежущего инструмента МИО приводит к уменьшению остаточных и усталостных напряжений. Внедрение МИО позволяет повысить износостойкость металлорежущего инструмента, оснащенного пластинами из металлокерамических твердых сплавов типа вольфрамовых, титановольфрамовых и титанотанталовольфрамовых [1].

Основная часть. Магнитное упрочнение на основе метода МИО обладает рядом преимуществ по сравнению с методами на основе воздействия других видов энергий: низкая себестоимости обработки, сохранение геометрии обработанных деталей, отсутствие расходных материалов и дополнительных агрессивных сред, простота технологической оснастки и экологическая чистота.

При обработке изделий сложного профиля упрочнению подвергаются в основном участки, расположенные на минимальном расстоянии от спирали индуктора. Для обеспечения упрочнения удаленных от индуктора участков необходимо либо увеличивать силу максимального импульса тока, либо использовать разъемный индуктор переменного внутреннего диаметра, повторяющий профиль изделия. Боковые поверхности выступов, расположенные перпендикулярно к оси системы, не подвергаются упрочнению вследствие малого градиента плотности энергии магнитного поля вблизи их поверхности. При близком расположении выступов (менее 1 см) на поверхности изделия материал поверхности в пространстве между ними не испытывает достаточного упрочняющего воздействия [2].

Для эффективного упрочнения поверхностей со сложным профилем предлагается производить нанесение графита для получения однородной поверхности, равноудаленной от рабочей поверхности индуктора. Целью нанесения графита является создание условий для равномерного распространения магнитного поля, создаваемого индуктором.

Предлагаемый способ магнитной обработки реализуется следующим образом. Предварительно производят нанесение графита на наиболее удаленные от индуктора поверхности изделия. Нанесение графита осуществляют графитовыми пластинами или графитовой смазкой (например, лезвия гильотинных ножей, режущих инструментов, осей подшипниковых узлов, зубьев шестеренчатых передач и т. п.). После этого деталь помещают в полость соленоида и проводят объемную обработку импульсным магнитным полем с заданными параметрами напряженности, частоты и длительности импульсов [2].

Кроме того, применение графита приводит к интенсификации магнитострикционных процессов. Составляющей повышения эксплуатационной стойкости изделий является повышенное после МИО содержание мартенсита, образующегося из нестабильного аустенита вследствие инициирования мартенситного превращения в результате увеличения амплитуды колебаний кристаллической решетки аустенита, которые стремятся превратить ее в решетку мартенсита. Под действием магнитного поля аустенит делается полностью неустойчивым к самым незначительным воздействиям слабого магнитного поля с крутым передним фронтом.

Заключение. Проведенные исследования показали, что эффективность МИО существенно повышается при нанесении графита на рабочие поверхности изделий. При этом повышается охлаждаемость в рабочей контактной зоне и снижается абразивный износ. Кроме того, изменяется и химический состав поверхностного слоя материала, повышается содержание химических элементов вольфрама, ванадия, молибдена, железа, углерода, а сама структура становится более мелкозернистой.

В результате существенно улучшаются физические, механические, технологические и эксплуатационные характеристики изделий [2]. Способ магнитной обработки инструмента, деталей машин и сборочных единиц, включающий воздействие импульсным магнитным полем с заданными параметрами напряженности, формы и длительности импульса, отличается тем, что предварительно осуществляют нанесение графита на рабочие поверхности изделия, затем проводят объемную МИО.

Список цитируемых источников

1. Курепин, М. О. Комбинированная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента / М. О. Курепин, А. Ю. Козлюк, А. Г. Овчаренко. — Технология машиностроения. — 2010. — № 9. — С. 26—29.
2. Способ магнитной обработки инструмента, деталей машин и сборочных единиц : пат. 2153006 Рос. Федерация : C21D1/04 / Б. В. Малыгин, А. К. Первов, В. К. Первов, П. П. Решетников, Х. З. Кавеев ; дата публ.: 20.07.2000.

УДК 621.795

И. О. Сокоров¹, кандидат технических наук, доцент, **Д. В. Куис²**, кандидат технических наук, доцент, **Д. Н. Лобко¹**

¹Белорусский национальный технический университет, Минск

²Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОУГЛЕРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ТВЕРДОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Введение. В настоящее время в связи с тем, что все больше узлов и агрегатов автомобилей работает в тяжелых эксплуатационных условиях (при постоянно возрастающих скоростях и нагрузках), серьезно ужесточаются требования к качеству продукции машиностроительной отрасли, в частности свойствам рабочих поверхностей деталей. Расширение применения легированных сталей с высокими физико-механическими свойствами, которые для Республики Беларусь являются статьей импорта, малоэффективно из-за их высокой стоимости. Решить проблему можно с помощью нанесения защитных покрытий на рабочие поверхности изношенных деталей.

Проблема повышения надежности машин и оборудования в условиях интенсификации производства и энерго- и ресурсосбережения ставит задачу создания новых технологических процессов и применения новых материалов.

Повышение износостойкости и антифрикционных свойств поверхностей трения актуально для многих отраслей техники. Не менее важной является проблема восстановления и упрочнения быстроизнашивающихся деталей, на замену которых ежегодно расходуются огромные средства.

Для получения покрытий в настоящее время используют широкую гамму материалов: черные и цветные металлы, сплавы, керамика, композиционные материалы на различной основе. Выбор конкретного материала из столь широкой номенклатуры определяется как требуемыми эксплуатационными параметрами упрочняемой поверхности, так и экономическими соображениями. Как известно, при газотермическом нанесении покрытий затраты на материал обычно являются основной статьей расходов. Поэтому в настоящее время активно ведется разработка новых материалов, обладающих низкой стоимостью при высоком уровне обеспечиваемых свойств.

Для решения вопросов защиты поверхности деталей от абразивного, коррозионного, механического износа и износа при трении скольжения, высокотемпературной газовой коррозии, а также для ремонта с одновременным повышением эксплуатационных свойств поверхности нашли широкое применение защитные покрытия, наносимые различными методами газотермического напыления. С помощью напыления можно создавать надежную защиту поверхностей изготовленных деталей машин и крупных стальных конструкций. Кроме того, способы напыления позволяют восстанавливать дорогостоящие детали с относительно небольшими затратами материала, времени и денежных средств, что дает значительную экономию металла.

Особым случаем применения покрытий являются износостойкие покрытия системы Ni-Cr-B-Si, в том числе композиции из них. Такие покрытия позволяют не только увеличить ресурс работы машины и восстановить изношенные детали, но и заменить дефицитные и дорогостоящие материалы более дешевыми. Покрытия на основе Ni-Cr-B-Si обладают высокой твердостью, износостойкостью, устойчивы к химически активным средам, имеют достаточно высокую рабочую температуру [1—4].

Наибольшее распространение в практике восстановительно-упрочняющих технологий получили самофлюсующиеся порошки. Самофлюсующимися их называют потому, что они могут быть оплавлены в окислительной или нейтральной атмосфере в плотное, беспористое покрытие благодаря раскисляющему действию бора, кремния и некоторых других элементов [1—4].

Выбор материалов для напыления является одним из важнейших этапов в процессе нанесения покрытия и производится в зависимости от свойств поверхности, которые нужно получить. Для обеспечения максимальной твердости и износостойкости при минимальной пористости покрытий наилучшими материалами для напыления являются самофлюсующиеся сплавы.

Использование современных конструкционных материалов обычно ограничивается тем, что увеличение прочности приводит к снижению пластичности. Данные по наноккомпозитам показывают, что уменьшение структурных элементов и более глубокое изучение физики деформационных процессов, которые определяют пластичность наноструктурных материалов, могут привести к созданию новых типов материалов, сочетающих высокие прочность и пластичность.

Основная часть. Для исследования влияния нанокуглеродных компонентов на свойства газотермических покрытий были выбраны материалы (образцы с нанокуглеродными компонентами – «1+») (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Образцы из порошков самофлюсующихся сплавов

Номер образца	Марка порошка	Химический состав	Номер образца с углеродом (2%)
1	ПГ-СР4	Основа Ni; 13...17% Cr; 0,6...1% C; 3...5% Si; 2,5...4% B; 4% Fe	1+
2	ПР-БрОНСР	Основа Cu; 8% Sn; 5% Ni; 1% Si; 1% B	2+
3	ПН-НД-42	Основа Ni-Cu; 42,5% Cu; 0,2% C; 0,9% Si; 1% B; до 4% Fe	3+
4	ПР-Х4ГСР	Основа Fe; 3,8% Cr; 1,2% C; 2,5% Si; 2,2% B; 0,5% Cu	4+
5	ПГ-19М-01	Основа Cu; 4% Fe; 8,5...10,5% Al	5+
6	ПТ-ЮНХ16СР3	Основа Ni; 16% Cr; 0,7% C; 3,2% Si; 2,6% B; 1,2% Al	6+

Для измерений использовали твердомер DuraJet (рисунок 1) фирмы Struers (Дания, 2013 год ввода в эксплуатацию). Данное оборудование оснащено автоматическим нагружением индентора, выдержкой и разгрузкой, автоматическим тестированием нагрузок, которые исключают отклонения в течение проведения измерений. Используемый твердомер представляет современную технологию и соответствует действующим нормам и стандартам. Испытания проводились по стандартной методике. Использовался метод Роквелла (шкала В, С). Представим результаты испытаний твердости исследуемых образцов покрытий (рисунок 2).



Рисунок 1 — Твердомер DuraJet

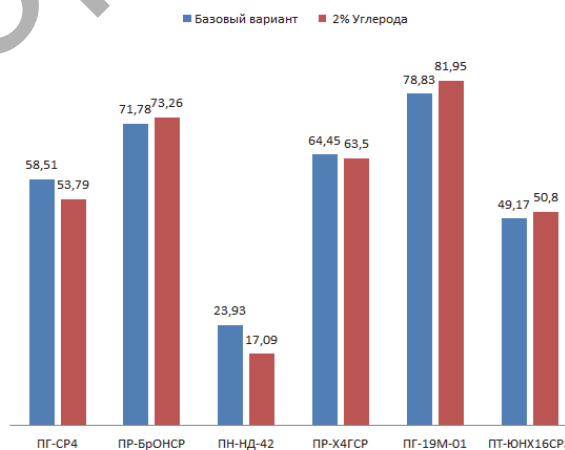


Рисунок 2 — Диаграмма результатов определения твердости экспериментальных образцов

Заключение. Как видно из диаграммы, у образца под маркой порошка ПН-НД-42 самый низкий показатель твердости, который был определен по шкале *HRB*. Материал используется для напыления и наплавки покрытий, стойких против коррозии, к изнашиванию трением и абразивными частицами. Установлено, что введение 2% фуллеренсодержащей сажи в состав покрытий на основе меди повышает твердость в среднем на 5 единиц *HR*. Однако во всех остальных случаях твердость не снижается либо снижается незначительно (в среднем на 5 единиц *HR*). Вероятно, это связано с присутствием углерода в структуре покрытия в свободном виде, что, в свою очередь, предполагает повышение антифрикционных свойств.

Список цитируемых источников

1. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П. А. Витязь [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 1998. — 583 с.
2. Ивашко, В. С. Электротермическая технология нанесения защитных покрытий / В. С. Ивашко, И. Л. Куприянов, А. И. Шевцов. — Минск : Навука і тэхніка, 1996. — 375 с.
3. Теория и практика газопламенного напыления / П. А. Витязь [и др.]. — Минск : Навука і тэхніка, 1993. — 295 с.
4. Кардаполова, М. А. Влияние режимов лазерной обработки на микроструктуру самофлюсующихся сплавов / М. А. Кардаполова, Н. В. Спиридонов, О. Н. Статкевич // Машиностроение. — Вып. 10. — Минск : Выш. шк., 1984. — С. 120—123.

УДК 621.795

И. О. Соколов¹, кандидат технических наук, доцент, **Д. В. Куис²**, кандидат технических наук, доцент,
Д. Н. Лобко¹, **С. А. Гуринович¹**

¹Белорусский национальный технический университет, Минск

²Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОУГЛЕРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Введение. Борьба с изнашиванием и коррозией осложнена тем, что использование объемно-легированных материалов, являвшееся в последнее столетие основным способом решения этой задачи, становится все более проблематичным из-за истощения запасов легирующих элементов. Кроме того, по мере развития и совершенствования техники постоянно растут требования к орудиям труда и условиям их эксплуатации (повышение скоростей, температуры, нагрузок, агрессивности среды, уменьшение массы и др.). Применение традиционных конструкционных материалов уже не в состоянии в ряде случаев удовлетворить комплекс этих требований. В связи с этим экономически и технически целесообразно развивать принципиально новый подход к выбору материалов уже на стадии проектирования. Механическая прочность детали гарантируется за счет применения одного материала, а специальные свойства поверхности обеспечиваются сплошным или локальным формированием на ней тонких слоев других материалов-покрытий. В результате обеспечивается повышенная долговечность детали, сочетающаяся с экономией легирующих элементов, удешевлением изделий.

Вышесказанное объясняет возрастающий интерес к проблеме защитных покрытий, определяет значение разработки и практического применения технологии покрытий различного назначения в современных условиях.

Основная часть. Для проводимых исследований в качестве порошковых материалов были выбраны зарекомендовавшие себя марки порошков ПГ-СР4, ПР-БрОНСР, ПН-НД42, ПР-Х4ГСР, ПГ-19М-01, ПТ-ЮНХ16СР3 как базовые, влияние модифицирующих наноконпонентов оценивалось за счет добавления в базовые порошковые материалы наноконпонентов (1...2%) механическим перемешиванием.

Исследование фазового состава и определение параметров тонкой структуры проводилось на рентгеновском дифрактометре D8 Advance (рисунок 1).

Представим результаты фазового состава всех исследуемых композиций с наложением линий рентгенограмм образцов с наноконпонентами на базовые образцы (рисунок 2). Красная шкала показывает результаты образцов с наноконпонентами, а черная — исходных образцов.



Рисунок 1 — Рентгеновский дифрактометр D8 Advance (“Bruker”, Германия)

Исследование влияния наноконпонентов на изменение фазового состава изучаемых покрытий позволило установить, что введение 2% наноконпонентов в состав композиционных порошков, использованных для модификации покрытий, не может привести к рентгеноструктурным изменениям, учитывая то, что чувствительность рентгеноструктурного метода — на уровне 5%.

На формирование структуры покрытий существенно влияют режимы термической обработки (оплавления). Если покрытие не прогрето, тогда напыленный порошок не успевает проплавляться, микроструктура его характеризуется высокой пористостью, большинство частиц сохраняет исходную структуру. Визуальный контроль температуры при оплавлении не позволяет строго выдерживать режимы оплавления. Перегрев может приводить к росту зерен боридов, которые разрастаются в виде разветвленных розеток, укрупнению зерен карбидов, входящих в состав эвтектик, к увеличению структурной неоднородности покрытия хрома, что отрицательно сказывается на его эксплуатационных свойствах.

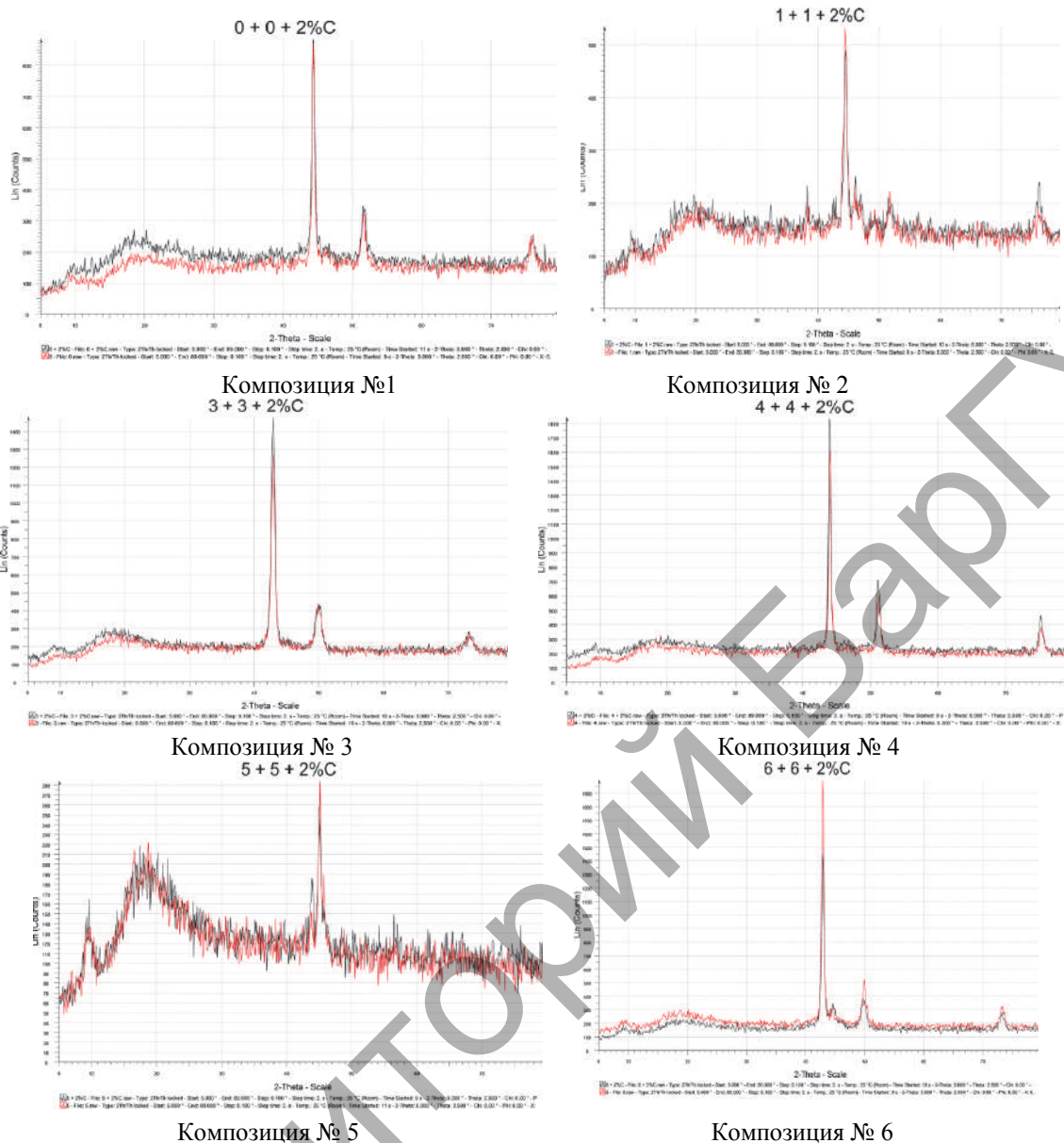


Рисунок 2 — Исследование фазового состава и определение параметров тонкой структуры

Заключение. Для установления зависимости изменения структуры и фазового состава композиционных покрытий от введения нанокремниевых компонентов необходимо проводить дальнейшие исследования с повышением количества модифицирующих компонентов в объеме покрытия.

УДК 67.02

Е. С. Стецкий, Н. М. Федосов

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ КРУГОВЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ ВЗАМЕН РАСТОЧКИ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Введение. Обработка глухих отверстий большого диаметра, особенно в сплошном материале, вызывает большие затруднения и обладает значительной трудоёмкостью. В данной статье рассматривается вопрос обработки вышеуказанных отверстий круговым фрезерованием.

Основная часть. При обработке пролитых отверстий подпятниковых мест в детали «Балка подрессорная — 100.00.001-211» было определено, что наиболее эффективным и производительным методом обработки указанных отверстий является круговое фрезерование.

Представим эскиз детали с изображением глухого отверстия $\phi 300^{+1,8}_{+0,5}$ и торцов, подлежащих обработке круговым фрезерованием (рисунок 1).

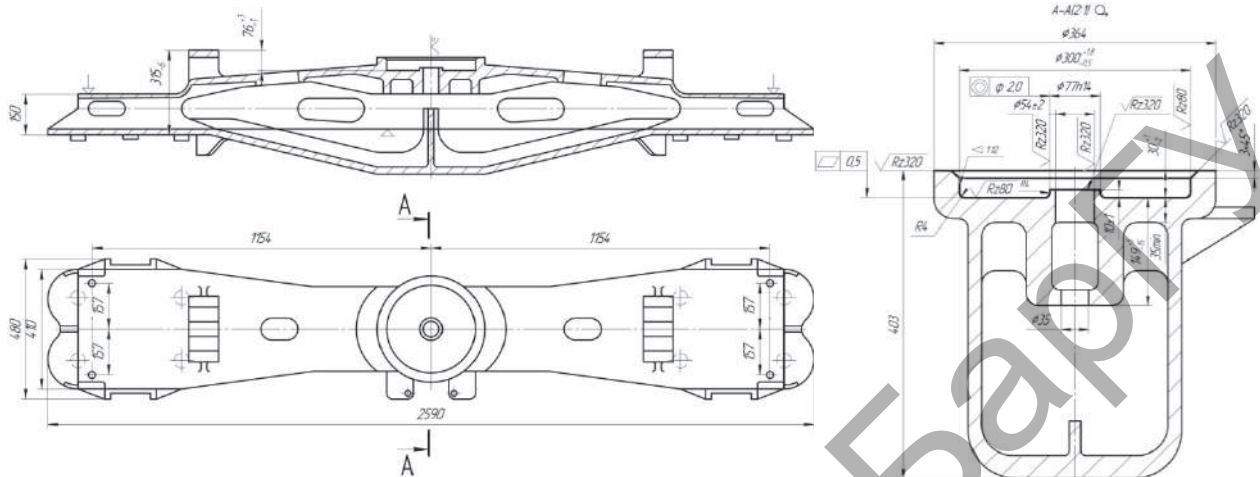
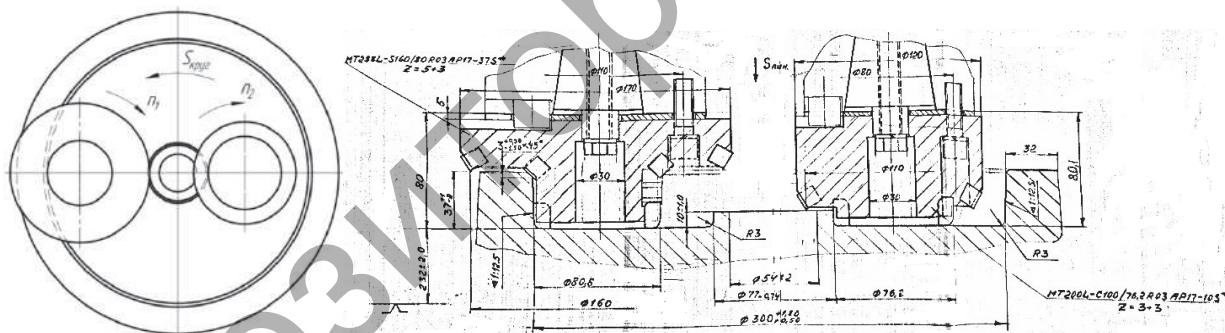


Рисунок 1 — Эскиз детали, подлежащей обработке круговым фрезерованием

По заданию Барановичского завода автоматических линий фирма «СКИФ» (Белгород Российской Федерации) спроектировала и поставила на БЗАЛ специальные фрезы. Изобразим схему инструментальной наладки обработки глухого отверстия $\phi 300^{+1,8}_{+0,5}$ и прилегающих торцов, а также схему фрезерования (рисунок 2).



$S_{кр}$ — круговая подача поворотного ротора; $S_{лин}$ — линейная подача силового стола (направлена перпендикулярно плоскости рисунка от наблюдателя); n_1 и n_2 — направления вращения шпинделей

Рисунок 2 — Схема фрезерования и инструментальной наладки

Основное (машинное) время при круговом фрезеровании T_0 (мин) определяется по формуле

$$T_0 = \frac{L_{p,x}}{Szn},$$

где $L_{p,x} = 3383$ мм — длина винтовой линии для фрезерования отверстия и прилегающих торцов;

$z = 5$ [1] — число зубьев фрезы на $\phi 300^{+1,8}_{+0,5}$;

$S = 0,22$ мм / зуб — подача на зуб [2; 3].

Определяем число оборотов шпинделей n (мин⁻¹) по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi d},$$

где $V = 225$ м / мин [2] — скорость резания;

$d = 160$ мм — диаметр фрезы [1].

$$n = \frac{1000 \cdot 225}{3,14 \cdot 160} = 448 \text{ мин}^{-1}, \quad T_o = \frac{3383}{0,22 \cdot 5 \cdot 448} = 6,86 \text{ мин.}$$

Основное (машинное) время при расточке и подрезке торцов резцами $T_{\text{ор.п}}$ (мин) определяется по формуле

$$T_{\text{ор.п}} = \frac{L_{\text{р.х}}}{nS},$$

где $L_{\text{р.х}} = 50$ мм — величина вертикального хода резцов;

$S = 0,3$ мм / об — подача при расточке и подрезке торца [2].

Число оборотов определяется по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi d},$$

где $V = 70$ м / мин — скорость резания при расточке и подрезке торцов [3];

$d = 300$ мм — диаметр обработки [1].

$$n = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 300} = 74 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Основное время при расточке: } T_{\text{ор}} = \frac{50}{0,3 \cdot 74} = 2,25 \text{ мин.}$$

$$\text{Основное время при подрезке: } T_{\text{он}} = \frac{115}{0,3 \cdot 74} = 5,18 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное основное (машинное) время при расточке и подрезке резцами составит:
 $T_{o\Sigma} = 2,25 + 5,18 = 7,43$ мин.

Заключение. Из приведенных выше расчётов видно, что производительность обработки отверстия $\phi 300_{+0,5}^{+1,8}$ и прилегающих торцов при обработке круговым фрезерованием на 8,3% выше по сравнению с обработкой резцами. При этом значительно повышается качество обработки и надёжность в работе. Себестоимость обработки также ниже по сравнению с расточкой и подрезкой торцов резцами.

Данный вид обработки можно выполнить на фрезерных станках с числовым программным управлением, а также на специальных станках при оснащении их механизмами настройки фрез на диаметр обрабатываемых поверхностей. При этом фрезами одного диаметра можно обрабатывать широкий диапазон диаметральных размеров отверстий.

Список цитируемых источников

1. Каталог *Sandvik* / МКТС. — М., 2000.
2. Инструмент для фрезерования и сверления : каталог «СКИФ». — Белгород, 2013.
3. *Барановский, Ю. В.* Резание металлов / Ю. В. Барановский. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1995.

ВЛИЯНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

Введение. Повышение твердости и износостойкости инструментов является важной задачей машиностроения, так как позволяет повысить его работоспособность и, следовательно, снизить его себестоимость.

Азотирование — это технологический процесс химико-термической обработки металла, в результате которого в поверхностном слое образуются нитриды. Применение ионно-плазменного азотирования для обработки стали в плазме тлеющего разряда, горящего в среде аммиака, вследствие пульсирующего тока разряда и газотермических циклов насыщение поверхностных слоев способствует уменьшению времени азотирования в 1,5...2 раза, снижает энергозатраты, сокращает использование газов, обладает меньшей деформацией изделий и увеличивает эксплуатационные характеристики стали [1].

Основная часть. Ионно-плазменная обработка основана на взаимодействии ионов и других энергетических частиц, полученных в низкотемпературной плазме, с поверхностью стали. Ионно-плазменную обработку применяют для повышения износостойкости режущих инструментов, а также ответственных деталей машин, работающих при высоких температурах. Преобладающий вид изнашивания режущего инструмента связан главным образом с высокой температурой рабочей поверхности в местах контакта со стружкой. Тонкий защитный слой, наносимый на поверхность режущей пластины из быстрорежущей стали, обладает низкой теплопроводностью, снижает трение в местах контакта «инструмент—стружка» и повышает стойкость инструмента.

В процессе химико-термической обработки для управления структурой и механическими свойствами получаемого поверхностного слоя обрабатываемых деталей поддерживаются и контролируются следующие основные параметры процесса обработки: 1) состав газовой среды; 2) температура обработки; 3) длительность процесса обработки; 4) рабочее давление газов в реакторе; 5) основные параметры разряда, создающего плазму; 6) степень диссоциации и ионизации рабочих газов; 7) энергия ионов и плотность ионного тока на поверхности детали. Большинство из перечисленных выше факторов взаимосвязаны [2].

При плазменном азотировании деталь взаимодействует с плазмой разряда, основным компонентом которой является азот в чистом виде или с добавлением водорода. Наличие кислорода в реакторе во время азотирования существенно влияет на химический состав и структуру образующихся поверхностных слоёв, так как кислород увеличивает толщину слоя окисла на поверхности и снижает эффективность азотирования. Распространение азота в поверхность детали происходит под действием термически активной диффузии — это самая медленная стадия ионно-плазменного азотирования и, как правило, определяется температурой детали во время обработки. Таким образом, появление современных установок для ионно-плазменного азотирования, использующих в качестве рабочей среды регулируемые по составу смеси азота, водорода и аргона, а также плазму «пульсирующего» тока, позволяет более эффективно производить ионно-плазменное азотирование.

В качестве объекта для исследования влияния ионно-плазменного азотирования выбрана быстрорежущая сталь Р6М5, потому что эта сталь является основным материалом для изготовления режущих лезвийных инструментов для обработки углеродистых и легированных конструктивных сталей и имеет твердость до HRC65 и теплостойкостью до 620°C. Ионно-плазменное азотирование производилось на установке, расположенной в БарГУ. В качестве образцов использовались цилиндры из стали Р6М5, которые размещались на катоде камеры. Тлеющий разряд формируется между катодом — цилиндрическими образцами — и анодом, которым является сама камера. После загрузки образцов закрывается дверь камеры, производится откачка воздуха вакуумным насосом до давления 20 Па, затем производится включение разряда. Температура образцов регистрируется с помощью термопары, а скорость их нагрева определяется мощностью разряда, давлением и расходом рабочих газов. Управление нагревом и непосредственно насыщением на стадии выдержки осуществляется по заданной программе с помощью панели оператора. Контроль необходимых для проведения азотирования параметров и состояния энергоносителей проводится с помощью специализированного контролера. Стенки рабочей камеры охлаждаются водой с помощью водяного насоса, их температура не должна превышать 45°C. Система подачи и регулирования расхода рабочих газов обеспечивает необходимый расход и состав газовой смеси в процессе азотирования. После проведения процесса азотирования автоматически отключается разряд, прекращается подача газов в камеру. Разгерметизация камеры и ее открытие производится после остывания образцов до температуры 200°C.

Важным критерием износостойкости азотированных сталей является высокая твердость поверхностного слоя, которая повышает износостойкость инструмента, поэтому изучаем изменения микротвердости поверхностного слоя стали Р6М5.

В качестве оборудования для измерения микротвердости использовался микротвердомер ПМТ-3М. Обработка результатов измерения автоматическая с использованием фотоэлектрического окулярного микрометра ФОМ-2-16 и ЭВУ.

В целях оптимизации режимов формирования азотированного слоя при обработке образцов из стали Р6М5 варьировали концентрацию азота в газовой смеси с аргоном и водородом — 5...50%. При этом состав водорода оставляли неизменным, поскольку водород увеличивает глубину проникновения азота и поверхностную твердость, удаляя поверхностный слой оксида [3].

При проведении эксперимента все образцы выдерживались в два этапа: прогрев в смеси 50% H_2 + 50% Az (15 мин) и насыщение газовой смесью (45 мин). Время нагрева до рабочей температуры составляло 7 ч. После процесса азотирования образцы оставляли остывать в камере до температуры 50°C. Измерение микротвердости поверхности азотированных образцов производили на микротвердомере ПМТ-3М — минимум пять замеров каждого образца.

На основе полученных значений построим график изменения микротвердости азотированных образцов в зависимости от состава газовой среды (рисунок 1).

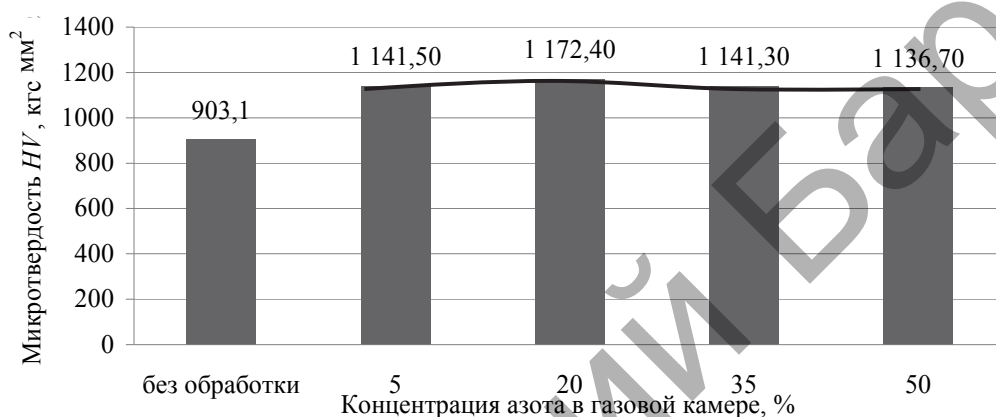


Рисунок 1 — Зависимость микротвердости от концентрации азота в газовой смеси

Наиболее оптимальной средой для ионно-плазменного азотирования стали Р6М5 получилось следующее соотношение газовой среды в рабочей камере: 20% N_2 + 25% H_2 + 55% Ar . Микротвердость образцов при различных режимах отличается незначительно.

Следующим этапом проведения исследований являлось изучение влияния температуры процесса на микротвердость поверхности. При анализе ранее проведенных опытов было решено варьировать температуру процесса от 450 до 550°C. Остальные параметры азотирования были аналогичны параметрам предыдущего исследования. Газовая смесь в камере: 35% N_2 + 25% H_2 + 40% Ar .

Заключение. Проведенные исследования показали, что путем азотирования образцов из стали Р6М5 при концентрации N_2 в газовой камере 20% можно повысить микротвердость поверхности в 1,3 раза. Микротвердость при различной концентрации N_2 отличается незначительно. Ионно-плазменное азотирование образцов из стали Р6М5 при температуре 500°C позволяет увеличить микротвердость поверхностного слоя в 1,26 раза.

Список цитируемых источников

1. Арзамасов, Б. Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Б. Н. Арзамасов. — М. : Машиностроение, 1979. — 224 с.
2. Лахтин, Ю. М. Теория и технология азотирования / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган, Г. И. Шпис. — М. : Металлургия, 1991. — 320 с.
3. Приходько, В. М. Металлофизические основы разработки упрочняющих технологий / В. М. Приходько, Л. Г. Петрова, Ю. В. Чудина. — М. : Машиностроение, 2003. — 384 с.

СЕКЦИЯ 3

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

УДК 37.026.8

Е. В. Артемова

Государственное учреждение образования «Средняя школа № 45 г. Могилёва», Могилёв

ФОРМИРОВАНИЕ МЕДИАКОМПЕТЕНТНОСТИ УЧАЩИХСЯ В КОНТЕКСТЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ПРЕПОДАВАНИИ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ИНФОРМАТИКА»

Введение. На современном этапе качество образования является ключевой проблемой сохранения, укрепления и развития интеллектуального потенциала страны в XXI веке. Данная проблема всегда была и остается самой актуальной в истории развития образования. В стремительно изменяющемся цивилизованном мире место и роль всех стран будут зависеть в ближайшее время только от качества образования. Главным критерием качества образования является владение социума медиакомпетентностью.

В ведущих странах мира, начиная с 60-х годов XX века, сформировалось направление «медиаобразование», которое предусматривало освоение учащимися и студентами всех форм и представления медиамира [1, с. 64]. В резолюциях и рекомендациях ЮНЕСКО неоднократно отмечались важность и поддержка медиаобразования (конференции ЮНЕСКО в Грюнвальде, 1982; Тулузе, 1990; Париже, 1997; Вене, 1999; Севилье, 2002 и др.). В рекомендациях ЮНЕСКО 2002 года подчеркивается, что «медиаобразование — часть основного права каждого гражданина любой страны на свободу самовыражения и получение информации, оно способствует поддержке демократии. Признавая различия в подходах и развитии медиаобразования в различных странах, рекомендуется, чтобы оно было введено везде, где возможно в пределах национальных учебных планов, также как в рамках дополнительного, неформального образования и самообразования в течение всей жизни человека» [2, с. 6].

Основная часть. Рассмотрим термин «медиаобразование», который включает в себя два понятия: «медиа» и «образование». Первая составляющая «медиа» означает совокупность информационных средств, методов, приемов и форм, которые служат для передачи конкретному потребителю сообщения в той или иной форме. Вторая составляющая «образование» означает процесс усвоения знаний, умений и навыков в той или иной среде. Таким образом, под медиаобразованием будем понимать процесс усвоения знаний об информационных средствах, методах, приемах и формах, которые призваны помогать развивать личность в целях формирования культуры общения с медиумом [3, с. 200].

Для рассмотрения компетентного подхода необходимо определиться с понятиями «компетенция» и «компетентность». Компетенция — это совокупность знаний, умений, навыков и способов деятельности по отношению к определенной области предметов и процессов, которые необходимы для качественной и продуктивной деятельности. Компетентность — это применение компетенций в определенной области [4, с. 27].

Таким образом, компетентный подход подразумевает формирование ключевых компетенций в определенной области знаний, например, в области информатики ключевой компетенцией является формирование медиакомпетентностей. Главной задачей педагога в преподавании учебного предмета «Информатика» является формирование медиаграмотности и медиакультуры у учащихся на учебных, факультативных и внеучебных занятиях. Учебный предмет «Информатика» является ключевым предметом, который обязан способствовать формированию медиакомпетентности учащихся.

На учебных занятиях по информатике педагогу помогает формировать медиакомпетентность тематическое планирование учебной программы по классам:

– 6-й класс — информация и информатика; приемы работы с цифровыми устройствами; обработка растровых изображений; создание текстовых документов; компьютерные презентации; алгоритмы и исполнители; Интернет. Электронная почта;

– 7-й класс — информация и информационными процессы; представление и логика высказываний. Множества и операции над ними; основные алгоритмические конструкции; аппаратное и программное обеспечение компьютера; работа с векторной графикой;

- 8-й класс — основы алгоритмизации и программирования; технология обработки текстовых документов; работа с векторной графикой; работа с электронной почтой;
- 9-й класс — представление информации в компьютере; основы алгоритмизации и программирования; основы анимации; компьютерные ресурсы сети Интернет;
- 10-й класс — аппаратное и программное обеспечение компьютера; основы алгоритмизации и программирования; обработка информации в электронных таблицах; информационные модели; компьютерные коммуникации и Интернет;
- 11-й класс — информационные системы и технологии; основы алгоритмизации и программирования; обработка информации в базах данных; основы веб-конструирования.

Программа предусматривает обучение информатике со второй ступени общего образования — это 6—11 классы. Учащиеся обучаются не только компьютерной грамотности при работе с основными офисными приложениями, но и медиаграмотности через сеть Интернет. Современный человек должен владеть компьютерными компетенциями и медиакомпетенциями для дальнейшего профессионального карьерного роста. Только образованный человек с медиакомпетенциями сможет построить карьеру и быть востребованным специалистом.

Заключение. Формирование медиакомпетентности при преподавании учебного предмета «Информатика» — залог успешного специалиста во всех областях науки и техники. Отметим, что XXI век — век информатизации, а учебный предмет «Информатика» — главная ступень учащегося в современный образованный мир.

Список цитируемых источников

1. Артёмова, Е. В. Формирование медиакомпетентности на учебных занятиях по информатике в средней общеобразовательной школе / Е. В. Артёмова // Научные стремления-2017 : сб. материалов Междунар. молодёж. конф., Минск, 6—7 окт. 2017 г. / Минск : Четыре четверти, 2017. — 256 с.
2. Федоров, А. В. Медиаобразование: история и теория : учеб. пособие / А. В. Федоров. — М. : Информация для всех, 2015. — 450 с.
3. Артёмова, К. В. Формирование медиакомпетентности на учебных занятиях по информатике в общеобразовательной школе / К. В. Артёмова // Научно-методическое сопровождение повышения квалификации педагогов: опыт, проблемы, перспективы : сб. материалов III Респ. науч.-практ. конф., Могилёв, 26 мая 2017 г. / редкол.: М. М. Жудро [и др.]; под общ. ред. В. Н. Гириной. — Могилёв : МГОИРО, 2017. — 538 с.
4. Артёмова, К. В. Современная реализация компетентностного подхода в преподавании учебного предмета «Информатика» / К. В. Артёмова // Современное образование: мировые тенденции и региональные аспекты : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф., Могилёв, 2 дек. 2016 г. / редкол.: М. М. Жудро [и др.]; под общ. ред. Т. И. Когачевской. — Могилёв : МГОИРО, 2017. — 399 с.

УДК 517.538.3

И. Н. Бруй, кандидат физико-математических наук, доцент

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАССА НАСЫЩЕНИЯ СРЕДНИХ ЗИГМУНДА РЯДОВ ПО МНОГОЧЛЕНАМ ФАБЕРА

1. Введение. В теории рядов по многочленам Фабера мы стремимся следовать обозначениям и терминологии монографии В. К. Дзядыка [1, глава IX]; в теории насыщения аппроксимационных процессов мы стремимся следовать терминологии и обозначениям монографии П. Л. Бутцера и Р. Й. Несселя [2, глава 12]; в обозначениях прямого и обратного оператора Фабера мы следуем монографии П. К. Суетина [3, глава VII, § 1—3]; в остальных обозначениях мы стремимся следовать двухтомнику Р. Эдвардса [4; 5]. Оператор присваивания « \equiv » означает, что выражению справа от него присвоено обозначение, стоящее слева. Аналогичный смысл имеет символ « \approx ». Символ « \equiv » обозначает тождественное равенство. Соглашение $+\pi = \pi$ не распространяется на символы $+\infty$ и ∞ ; последние имеют у нас разный смысл. Вещественная прямая R пополняется двумя несобственными элементами $-\infty$ (отрицательная бесконечность) и $+\infty$ (положительная бесконечность). Комплексная плоскость C пополняется единственным несобственным элементом ∞ (бесконечно удалённая точка).

Аппроксимационные процессы делятся на ненасыщаемые и насыщаемые.

Например, частичные суммы тригонометрических рядов Фурье являются ненасыщаемым процессом приближения на вещественной прямой R , а средние Фейера — насыщаемым.

Данная работа посвящена аппроксимации в комплексной плоскости C посредством средних Зигмунда $Z_N^r f(z)$ натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ рядов по многочленам Фабера. В случае порядка $r = 1$ средние Зигмунда $Z_N^1 f(z)$ суть средние Фейера $\sigma_N f(z)$.

В следующем пункте 2 напоминаются известные результаты о насыщаемых средних Зигмунда тригонометрических рядов Фурье и из них выводятся в последующих пунктах 3 и 4 результаты о классах

насыщения средних Зигмунда рядов Тейлора (пункт 3) и рядов Фурье по многочленам Чебышёва первого рода (пункт 4).

2. Напоминание: тригонометрические ряды Фурье. Если функция $f \in L^1(T)$, то двусторонняя

числовая последовательность $\left(f^\wedge(n) := \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) e^{-int} dt \right)_{n=-\infty}^{+\infty}$ называется последовательностью комплексных коэффициентов Фурье функции $f(x)$, а двусторонний функциональный ряд

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} f^\wedge(n) \cdot e^{inx} \quad (1)$$

называется комплексным тригонометрическим рядом Фурье функции $f(x)$.

Тригонометрический ряд

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} (-i \cdot \operatorname{sgn} n) f^\wedge(n) \cdot e^{inx} \quad (2)$$

называется сопряжённым с рядом (1). Если существует функция $f^\sim \in L^1(T)$, для которой ряд (2) является её тригонометрическим рядом Фурье $\left[\forall n \in Z \left(f^\sim \right)^\wedge(n) = (-i \cdot \operatorname{sgn} n) f^\wedge(n) \right]$, то она называется тригонометрически

сопряжённой к функции $f(x)$. Тригонометрический ряд $\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{\operatorname{sgn} n}{\ln(|n|+2)} \cdot e^{inx}$, во-первых, сходится в каждой

точке x вещественной прямой R , и, во-вторых, не является рядом Фурье ни своей суммы, ни другой функции [4, с. 11, п. 1.1.2, с. 148, п. 7.3.4, с. 154, упр. 7.7, с. 189, п. 10.1.6, (2); 5, с. 108, п. 12.8.3]. Условиям, при выполнении которых тригонометрический ряд является рядом Фурье функции из определённого пространства, посвящён обзор автора [6].

Следуя монографии Бутцера и Несселя [2, с. 434], введём следующие два определения.

Определение 1. Средние Зигмунда

$$\forall N \in Z_+ \quad Z_N^r f(x) := \sum_{n=-N}^N \left(1 - \left| \frac{n}{N+1} \right|^r \right) f^\wedge(n) \cdot e^{inx} \quad (3)$$

натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ тригонометрических рядов Фурье (1) функций $f \in C(T)$ назовём сильным процессом приближения в банаховом пространстве $C(T)$, если для любой функции $f \in C(T)$, во-первых, выполняются неравенства

$$\forall N \in Z_+ \quad \|Z_N^r f(x)\|_{C(T)} \leq A_1 \cdot \|f(x)\|_{C(T)}, \quad (4)$$

где постоянная A_1 не зависит от номера N и функции $f(x)$, и, во-вторых, имеет место равномерная сходимость этих средних к $f(x)$ на вещественной прямой R :

$$\lim_{N \rightarrow +\infty} \|f(x) - Z_N^r f(x)\|_{C(T)} = 0. \quad (5)$$

Средние Зигмунда (3) в литературе называют ещё средними (Марцеля) Рисса, нормальными средними, типическими средними, эталонными средними.

Предельное равенство (5) с помощью логических символов может быть записано следующим образом:

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \forall N_\varepsilon \in Z_+ \quad \forall N \in Z_+ \quad \left[N \geq N_\varepsilon \Rightarrow \|f(x) - Z_N^r f(x)\|_{C(T)} \leq \varepsilon \right].$$

Тогда в силу неравенства $\|f\| - \|g\| \leq \|f - g\|$, геометрический смысл которого — длина любой стороны треугольника больше модуля разности длин двух других сторон этого треугольника, для всех достаточно больших номеров N справедливо двойное неравенство $\|f(x)\|_{C(T)} - \varepsilon \leq \|Z_N^r f(x)\|_{C(T)} \leq \|f(x)\|_{C(T)} + \varepsilon$. Поэтому из

(5) в силу принципа равномерной ограниченности [2, с. 18, утверждение 0.7.2; 7, с. 265, теорема (9.5)] следует выполнение неравенства (4) лишь для всех достаточно больших номеров N .

В случае порядка $r = 1$, т. е. в случае средних Фейера $\sigma_N f(x) := Z_N^1 f(x)$, неравенство (4) выполняется с постоянной $A_1 = 1$ [4, с. 120, (6.4.9); 7, с. 149, (3.5); 8, с. 141, (48.2)], а предельное равенство (5) выражает стартовую в рассматриваемой теории аппроксимационную теорему Липота Фейера [4, с. 108, теорема 6.1.1, $k = 0$; 7, с. 149, теорема (3.4); 8, с. 139, теорема].

Для общего случая натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ неравенство (4) с постоянной $A_1 = 2r - 1$ имеется в [9, с. 236; 10, с. 19—24; 11, с. 233, лемма 4.3]. Очевидны предельные равенства

$$\forall n \in Z_+ \quad \lim_{N \rightarrow +\infty} \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] = 1. \quad (6)$$

Последовательность констант Лебега ядер Зигмунда натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ ограничена [10, с. 24, (5.19); 11, с. 234]:

$$\forall N \in Z_+ \quad \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \left| \sum_{n=-N}^N \left(1 - \left| \frac{n}{N+1} \right|^r \right) e^{int} \right| dt \leq 2r - 1. \quad (7)$$

Поэтому из (6) и (7) по известной теореме [1, с. 281, (5)&(5'); 8, с. 475, (A)&(B); 12, с. 49, теорема 2.1], которая выводится из критерия слабой сходимости линейных функционалов, заключаем о выполнении (5). Без обращения к функциональному анализу автором получена теорема [13, с. 53, теорема 5], из которой также следует (5).

Таким образом, средние Зигмунда (3) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ тригонометрических рядов Фурье (1) являются strong approximation process on $C(T)$.

В случае чётного натурального порядка $r = 2, 4, 6, \dots$ скорость стремления к нулю в (5) допускает уточнение. Для функции $f \in C(T)$ её модуль непрерывности r -го порядка

$$\forall \delta \in (0, \pi] \quad \omega_r(f, \delta) := \max_{-\delta \leq h \leq \delta} \max_{-\pi \leq x \leq \pi} \left| \sum_{n=0}^r (-1)^{r-n} \frac{r!}{n!(r-n)!} f(x+nh) \right|.$$

Если порядок $r = 2k$, где $k = 1, 2, 3, \dots$, то отклонение функции $f \in C(T)$ от средних Зигмунда (3) её тригонометрического ряда Фурье [9, с. 261, теорема 1; 14, с. 29, (3); 15, с. 4, теорема 2, а)]

$$\forall N \in Z_+ \quad \left\| f(x) - Z_N^{2k} f(x) \right\|_{C(T)} \leq A_2 \cdot \omega_{2k} \left(f, \frac{1}{N+1} \right), \quad (8)$$

где постоянная A_2 не зависит от номера N и функции $f(x)$.

Определение 2. Сильный процесс приближения средними Зигмунда (3) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ тригонометрических рядов Фурье (1) в банаховом пространстве $C(T)$ назовём обладающим свойством насыщения, если существует положительная вещественная последовательность $(\rho(N))_{N=0}^{+\infty}$, стремящаяся к нулю при $N \rightarrow +\infty$, для которой любая функция $f \in C(T)$ со свойством

$$\left\| f(x) - Z_N^r f(x) \right\|_{C(T)} = o[\rho(N)], \quad N \rightarrow +\infty,$$

необходимо есть тождественная постоянная на вещественной прямой R и множество

$$\mathbf{F}[C(T), Z_N^r f(x)] := \left\{ f \in C(T) : \left\| f(x) - Z_N^r f(x) \right\|_{C(T)} = O[\rho(N)], \quad N \rightarrow +\infty \right\}$$

содержит в себе по крайней мере одну непостоянную функцию. В этом случае про аппроксимационный процесс (3) говорим, что он имеет наилучший порядок приближения $O[\rho(N)]$ или что он насыщен в банаховом

пространстве $C(T)$ с порядком $O[\rho(N)]$, а множество функций $F[C(T), Z_N^r f(x)]$ назовём его классом насыщения или классом Фавара.

Термин «насыщение» заимствован из физики. Если в стакан с водой постепенно добавлять поваренную соль, то наступит момент (насыщение раствора), когда соль перестанет растворяться в воде и будет находиться в осадке, сколько бы мы ни перемешивали содержимое стакана.

Постановка задачи об отыскании классов насыщения процессов приближения восходит к французскому арийскому математику Ж. Фавару [16, с. 215].

Бум публикаций в открытой печати по проблеме насыщения после второй мировой войны был вызван развитием вычислительной техники и той угрозой, которую представляют насыщаемые процессы приближения в вычислительной практике.

Наилучший порядок приближения средними Зигмунда (3) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ тригонометрических рядов Фурье (1) в банаховом пространстве $C(T)$ указывает функция

$$\rho(N) := \begin{cases} 1, & \text{когда } N = 0, \\ \frac{1}{N^r}, & \text{когда } N = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

Структурная характеристика класса насыщения $F[C(T), Z_N^r f(x)]$ зависит от чётности или нечётности натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ средних Зигмунда (3).

В случае чётного натурального порядка $r = 2k$, где $k = 1, 2, 3, \dots$, класс насыщения

$$F[C(T), Z_N^{2k} f(x)] = \{f \in AC(T) : f', f'', \dots, f^{(2k-1)} \in AC(T) \text{ и } f^{(2k)} \in L^\infty(T)\},$$

а в случае нечётного натурального порядка $r = 2k + 1$, где $k = 0, 1, 2, \dots$, класс насыщения

$$F[C(T), Z_N^{2k+1} f(x)] = \{f \in C(T) : f^{\sim}, (f^{\sim})', \dots, (f^{\sim})^{(2k)} \in AC(T) \text{ и } (f^{\sim})^{(2k+1)} \in L^\infty(T)\}.$$

Таким образом, класс насыщения $F[C(T), Z_N^r f(x)]$ описывается в случае чётного натурального порядка $r = 2k$ через структурные свойства функции $f(x)$, а в случае нечётного натурального порядка $r = 2k + 1$ через структурные свойства уже функции $f^{\sim}(x)$, тригонометрически сопряжённой к функции $f(x)$.

Для средних Фейера класс насыщения $F[C(T), \sigma_N f(x)]$ описали через структурные свойства тригонометрически сопряжённой функции $f^{\sim}(x)$ независимо друг от друга Д. Алексич [17, с. 50, VII], С. М. Никольский [18, с. 38, теорема 1', (4.4')], А. Зигмунд [19, с. 274, (1.5)], М. Заманский [20, с. 35, следствие].

Общий случай средних Зигмунда (3) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ рассмотрел М. Заманский [21, с. 170, теорема 2].

3. Ряды Тейлора. Пусть $A(|z| \leq 1)$ есть множество всех непрерывных на замкнутом единичном круге $|z| \leq 1$ и аналитических в единичном круге $|z| < 1$ функций с нормой $\|f(z)\|_{A(|z| \leq 1)} := \max_{|z| \leq 1} |f(z)| = \max_{|z|=1} |f(z)|$. Последнее равенство записано на основании принципа максимума модуля.

Если функция $f \in A(|z| \leq 1)$, то согласно интегральной теореме Коши при любом натуральном $n = 1, 2, 3, \dots$ интеграл $\oint_{|z|=1} f(z) z^{n-1} dz = 0$. Тогда

$$0 = \frac{-i}{2\pi} \oint_{|z|=1} f(z) z^{n-1} dz = \frac{-i}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(e^{it}) e^{i(n-1)t} e^{it} i dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(e^{it}) e^{-i(-n)t} dt,$$

т. е. комплексные коэффициенты Фурье сложной функции $f(e^{ix})$ с отрицательными номерами равны нулю.

Раз сложная функция $f(e^{ix})$ имеет комплексный тригонометрический ряд Фурье степенного типа: $f(e^{ix}) \sim \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(e^{it}) e^{-int} dt \cdot e^{inx}$, то и сопряжённая к ней функция $[f(e^{ix})]^\sim$ имеет комплексный тригонометрический ряд Фурье тоже степенного типа: $[f(e^{ix})]^\sim \sim \sum_{n=1}^{+\infty} \left[-i \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(e^{it}) e^{-int} dt \right] \cdot e^{inx}$.

Таким образом, в рассматриваемом случае тригонометрически сопряжённая функция $[f(e^{ix})]^\sim$ выражается через исходную функцию $f(e^{ix})$ следующим образом: $[f(e^{ix})]^\sim = -i \left[f(e^{ix}) - \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(e^{it}) dt \right]$.

Методом математической индукции при надлежащих предположениях доказывается, что N -ая ($N = 1, 2, 3, \dots$) производная сложной функции $f(e^{ix})$ выражается формулой

$$[f(e^{ix})]^{(N)} = i^N \sum_{n=1}^N h_{N,n} e^{inx} \cdot f^{(n)}(e^{ix}), \quad (9)$$

в которой натуральные коэффициенты $h_{N,n}$ при $N = 2, 3, 4, \dots$ и $n = 1, 2, \dots, N$ вычисляются по рекуррентному соотношению

$$h_{N,n} = h_{N-1,n-1} + n h_{N-1,n}, \quad (10)$$

где по определению коэффициент $h_{1,1} := 1$ и для $N = 1, 2, 3, \dots$ коэффициенты $h_{N,0} := 0 = h_{N,N+1}$. Из рекуррентной формулы (10) вытекает, что для $N = 1, 2, 3, \dots$ коэффициенты $h_{N,1} = h_{N,N} = 1$ и для $N = 2, 3, 4, \dots$ коэффициент $h_{N,N-1} = 1 + 2 + \dots + (N-1) = \frac{(N-1)N}{2}$. Формула (9) является следствием более общей формулы (43) пункта 7.

Если функция $f \in \mathbf{A}(|z| \leq 1)$, то её коэффициенты Тейлора равны комплексным коэффициентам Фурье сложной функции $f(e^{ix})$ с теми же номерами:

$$\forall n \in \mathbf{Z}_+ \quad \frac{f^{(n)}(0)}{n!} = \frac{1}{n!} \cdot \frac{n!}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f(t)}{(t-0)^{n+1}} dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(e^{ix}) e^{-inx} dx.$$

Помним, что переменная интегрирования немая.

Из предыдущего имеем следующий результат.

Теорема 1. Пусть r есть фиксированное натуральное число $1, 2, 3, \dots$. Тогда в банаховом пространстве $\mathbf{A}(|z| \leq 1)$ приближение функций средними Зигмунда порядка r

$$\forall N \in \mathbf{Z}_+ \quad Z_N^r f(z) := \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f(t)}{t^{n+1}} dt \cdot z^n \quad (11)$$

их рядов Тейлора насыщаемо с порядком $O\left(\frac{1}{N^r}\right)$ при $N \rightarrow +\infty$ и с классом насыщения, состоящим из всех тех функций $f \in \mathbf{A}(|z| \leq 1)$, производные r -го порядка $f^{(r)}(z)$ которых ограничены в единичном круге $|z| < 1$:

$$\mathbf{F}[\mathbf{A}(|z| \leq 1), Z_N^r f(z)] = \{f \in \mathbf{A}(|z| \leq 1) : f^{(r)} \in \mathbf{H}^\infty(|z| < 1)\}.$$

Выше очевидно, что в случае $f^{(r)} \in \mathbf{H}^\infty(|z| < 1)$ телесная функция $f(z)$ и её телесные производные $f'(z), f''(z), \dots, f^{(r-1)}(z)$ непрерывно продолжимы на единичную окружность $|z| = 1$ и сложная функция $f(e^{ix})$ и её производные $[f(e^{ix})]', [f(e^{ix})]'' , \dots, [f(e^{ix})]^{(r-1)}$ абсолютно непрерывны на вещественной прямой \mathbf{R} .

Для средних Фейера $\sigma_N f(z) := Z_N^1 f(z)$ рядов Тейлора функций $f \in \mathbf{A}(|z| \leq 1)$ теорему 1 получили Д. Алексич [17, с. 50, VIII; 22, с. 24] и А. Зигмунд [7, с. 203, теорема (13.35); 19, с. 274, (1.3)].

Когда-то Dieter Gaier обратил внимание автора на то, что отклонение функции $f \in \mathbf{A}(|z| \leq 1)$ от средних Зигмунда (11) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ её ряда Тейлора [15, с. 4; 23, с. 65]

$$\forall N \in Z_+ \quad \|f(z) - Z_N^r f(z)\|_{\mathbf{A}(|z| \leq 1)} \leq A_3 \cdot \omega_r \left[f(e^{ix}), \frac{1}{N+1} \right], \quad (12)$$

где постоянная A_3 не зависит от номера N и функции $f(z)$.

Таким образом, для тригонометрических рядов Фурье оценка (8) имеет место лишь для чётных натуральных порядков $r = 2, 4, 6, \dots$, а для тригонометрических рядов Фурье степенного типа (рядов Тейлора) оценка (12) имеет место для любых натуральных порядков $r = 1, 2, 3, \dots$.

4. Ряды Фурье по многочленам Чебышёва первого рода. В данном пункте нам удобно пользоваться тригонометрическими рядами Фурье в вещественной форме.

Если функция $f \in \mathbf{L}^1(T)$, то числовая последовательность $\left(a_n(f) := \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos nt \, dt \right)_{n=0}^{+\infty}$ называется

последовательностью косинус-коэффициентов Фурье функции $f(x)$, числовая последовательность $\left(b_n(f) := \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin nt \, dt \right)_{n=1}^{+\infty}$ называется последовательностью синус-коэффициентов Фурье функции $f(x)$, а функциональный ряд

$$\frac{1}{2} a_0(f) + \sum_{n=1}^{+\infty} [a_n(f) \cdot \cos nx + b_n(f) \cdot \sin nx] \quad (13)$$

называется тригонометрическим рядом Фурье функции $f(x)$.

Тригонометрический ряд $\sum_{n=1}^{+\infty} [-b_n(f) \cdot \cos nx + a_n(f) \cdot \sin nx]$ называется сопряжённым с рядом (13).

Сопряжённый с тригонометрическим рядом Фурье $\sum_{n=0}^{+\infty} \frac{1}{\ln(n+2)} \cdot \cos nx$ тригонометрический ряд

$\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{1}{\ln(n+2)} \cdot \sin nx$ не является рядом Фурье [4, с. 154, упр. 7.7; 5, с. 108, п. 12.8.3].

Когда мы говорим о частичных суммах тригонометрических рядов Фурье, то в случае комплексной формы их записи имеем в виду симметричное суммирование: $\forall N \in Z_+ \quad s_N f(x) := \sum_{n=-N}^N f \wedge(n) \cdot e^{inx}$, а в случае вещественной формы — суммирование по блокам:

$$\forall N \in Z_+ \quad s_N f(x) := \frac{1}{2} a_0(f) + \sum_{n=1}^N [a_n(f) \cdot \cos nx + b_n(f) \cdot \sin nx].$$

Аналогично, когда мы говорим о средних Зигмунда и, более общо, о матричных средних тригонометрических рядов Фурье.

Пусть $\mathbf{C}[-1,1]$ есть множество всех непрерывных на отрезке $[-1,1]$ функций с нормой $\|f(z)\|_{\mathbf{C}[-1,1]} := \max_{-1 \leq z \leq 1} |f(z)|$.

Если функция $f \in \mathbf{C}[-1,1]$, то сложная функция $f(\cos x)$ на вещественной прямой R непрерывная, периодическая с периодом 2π и чётная: $f[\cos(-x)] = f(\cos x)$. Тригонометрический ряд Фурье чётной функции $f(\cos x)$ имеет вид

$$f(\cos x) \sim \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\cos t) \, dt + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\cos t) \cos nt \, dt \cdot \cos nx. \quad (14)$$

Тогда сопряжённой с (14) ряд имеет вид

$$\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\cos t) \cos nt \, dt \cdot \sin nx. \quad (15)$$

Согласно определению $\forall z \in [-1, 1]$ многочлены П. Л. Чебышёва первого рода для $n = 0, 1, 2, \dots$ суть $T_n(z) := \cos(n \arccos z)$, а многочлены П. Л. Чебышёва второго рода для $n = 1, 2, 3, \dots$ суть $U_{n-1}(z) := \frac{\sin(n \arccos z)}{\sqrt{1-z^2}}$.

Так как при замене переменной интегрирования $t = \arccos \zeta$ дифференциал $dt = \frac{-d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}$, то из (14) имеем ряд Фурье по многочленам Чебышёва первого рода

$$f(z) \sim \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(\zeta)}{\sqrt{1-\zeta^2}} d\zeta + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(\zeta)}{\sqrt{1-\zeta^2}} T_n(\zeta) d\zeta \cdot T_n(z),$$

а из (15) получаем ряд по многочленам Чебышёва второго рода

$$\sqrt{1-z^2} \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(\zeta)}{\sqrt{1-\zeta^2}} T_n(\zeta) d\zeta \cdot U_{n-1}(z). \quad (16)$$

Как справедливо отметили П. Л. Бутнер и Р. Л. Штэнс [24, с. 56, (4.9)], последний ряд (16) суммируем методом Абеля почти всюду на отрезке $[-1, 1]$ к функции, которую нам естественно назвать чебышёвски сопряжённой к функции $f(z)$ и обозначить $[f(\cos x)]^{\sim} \Big|_{x=\arccos z}$:

$$[f(\cos x)]^{\sim} \Big|_{x=\arccos z} \stackrel{\text{п.в.}}{=} \sqrt{1-z^2} \lim_{r \rightarrow 1-0} \sum_{n=1}^{+\infty} r^n \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(\zeta)}{\sqrt{1-\zeta^2}} T_n(\zeta) d\zeta \cdot U_{n-1}(z).$$

Символ « $\stackrel{\text{п.в.}}{=}$ » означает равенство почти всюду на отрезке $[-1, 1]$.

В силу вышеизложенного из результата М. Заманского пункта 2 в качестве частного случая имеем следующее утверждение.

Теорема 2. Пусть r есть фиксированное натуральное число $1, 2, 3, \dots$. Тогда в банаховом пространстве $C[-1, 1]$ приближение функций средними Зигмунда порядка r

$$\forall N \in \mathbb{Z}_+ \quad Z_N^r f(z) := \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(\zeta)}{\sqrt{1-\zeta^2}} d\zeta + \sum_{n=1}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] \frac{2}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(\zeta)}{\sqrt{1-\zeta^2}} T_n(\zeta) d\zeta \cdot T_n(z)$$

их рядов Фурье по многочленам Чебышёва первого рода насыщаемо с порядком $O\left(\frac{1}{N^r}\right)$ при $N \rightarrow +\infty$ и с классом насыщения, состоящим из всех тех функций $f \in C[-1, 1]$, для которых в случае чётного натурального порядка $r = 2k$, где $k = 1, 2, 3, \dots$, функция $f(z)$ на отрезке $[-1, 1]$ абсолютно непрерывно дифференцируема $2k-1$ раз и имеет на нём существенно-ограниченную производную $2k$ -го порядка $f^{(2k)}(z)$:

$$F[C[-1, 1], Z_N^{2k} f(z)] = \{f \in AC[-1, 1] : f', f'', \dots, f^{(2k-1)} \in AC[-1, 1] \text{ и } f^{(2k)} \in L^\infty[-1, 1]\},$$

а в случае нечётного натурального порядка $r = 2k+1$, где $k = 0, 1, 2, \dots$, функция $[f(\cos x)]^{\sim} \Big|_{x=\arccos z}$, чебышёвски сопряжённая к функции $f(z)$, на отрезке $[-1, 1]$ абсолютно непрерывно дифференцируема $2k$ раз и имеет на нём существенно-ограниченную производную $(2k+1)$ -го порядка $\left\{ [f(\cos x)]^{\sim} \Big|_{x=\arccos z} \right\}^{(2k+1)}$:

$$\mathbf{F}[C[-1, 1], Z_N^{2k+1} f(z)] = \left\{ f \in C[-1, 1] : [f(\cos x)]^\sim \Big|_{x=\arccos z} \right\},$$

$$\left\{ [f(\cos x)]^\sim \Big|_{x=\arccos z} \right\}, \dots, \left\{ [f(\cos x)]^\sim \Big|_{x=\arccos z} \right\}^{(2k)} \in \mathbf{AC}[-1, 1] \text{ и } \left\{ [f(\cos x)]^\sim \Big|_{x=\arccos z} \right\}^{(2k+1)} \in \mathbf{L}^\infty[-1, 1] \right\}.$$

Из (16) уже видна особая роль точек $z=1$ и $z=-1$ при приближении на отрезке $[-1, 1]$ функций многочленами [1, с. 334; 25, с. 259, (3.1); 26, с. 158]. В случае нечётного натурального порядка $r = 2k + 1$, где $k = 0, 1, 2, \dots$, к необходимости введения понятия сопряжённого ряда и сопряжённой функции приходил в своих исследованиях Р. М. Тригуб [27, с. 205, замечание 1].

Ряды Тейлора предыдущего пункта 3 являются рядами по многочленам Фабера для замкнутого единичного круга $|z| \leq 1$. Ряды Фурье по многочленам Чебышёва первого рода настоящего пункта 4 являются рядами по многочленам Фабера для отрезка $[-1, 1]$; технические подробности в [22, с. 25—26; 28, с. 14—15; 29, с. 117]. Это объясняет, почему мы аргумент функции $f \in C[-1, 1]$ обозначали через z .

Для случая порядка $r = 1$, т. е. для случая средних Фейёра $\sigma_N f(z) := Z_N^1 f(z)$, теорема 2 приведена в работе автора [29, с. 117, теорема 6].

5. Сильный процесс приближения средними Зигмунда рядов по многочленам Фабера для замкнутых жордановых областей с гладкой границей С. Я. Альпера. Пусть Γ_C есть спрямляемая жорданова кривая. И пусть $\mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ есть множество всех непрерывных на замкнутой жордановой области $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$ и аналитических в жордановой области $\text{Int}\Gamma_C$ функций с нормой $\|f(z)\|_{\mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)} := \max_{z \in \Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C} |f(z)| = \max_{z \in \Gamma_C} |f(z)|$. Ясно, что последнее равенство записано на основании принципа максимума модуля.

Хотя функция $z \mapsto \frac{2}{z(z-2)}$ и непрерывна на единичной окружности $|z|=1$, но она не является аналитически продолжимой в единичный круг $|z| < 1$. Её интеграл типа Коши

$$\frac{1}{2\pi i} \oint_{|\zeta|=1} \frac{\frac{2}{\zeta(\zeta-2)}}{\zeta-z} d\zeta = \begin{cases} \frac{1}{z-2}, & \text{когда } |z| < 1, \\ \frac{1}{z}, & \text{когда } |z| > 1, \end{cases}$$

и плотность интеграла типа Коши равна разности предельных значений по всем некасательным путям, лежащим соответственно внутри и вне единичной окружности: $\frac{2}{\zeta(\zeta-2)} = \frac{1}{\zeta-2} - \frac{1}{\zeta}$.

Для того чтобы непрерывная на спрямляемой жордановой кривой Γ_C функция $f(\zeta)$ была аналитически продолжима с Γ_C в жорданову область $\text{Int}\Gamma_C$, необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия $\forall n \in Z_+$ $\oint_{\Gamma_C} \zeta^n f(\zeta) d\zeta = 0$.

Следуя монографии П. Л. Бутцера и Р. Й. Несселя [2, с. 434, определение 12.0.1], введём следующее понятие.

Определение 3. Пусть Γ_C есть спрямляемая жорданова кривая. Средние Зигмунда

$$\forall N \in Z_+ \quad Z_N^r f(z) := \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{n+1}} dt \cdot F_n(z) \quad (17)$$

натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ рядов по многочленам Фабера функций $f \in \mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ назовём сильным процессом приближения в банаховом пространстве $\mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$, если для любой функции $f \in \mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$, во-первых, выполняются неравенства

$$\forall N \in Z_+ \quad \max_{z \in \Gamma_C} |Z_N^r f(z)| \leq A_4 \cdot \max_{z \in \Gamma_C} |f(z)|, \quad (18)$$

где постоянная A_4 не зависит от номера N и функции $f(z)$, и, во-вторых, имеет место равномерная сходимость этих средних к $f(z)$ на замкнутой жордановой области $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$:

$$\lim_{N \rightarrow +\infty} \max_{z \in \Gamma_C} |f(z) - Z_N^r f(z)| = 0. \quad (19)$$

Спрямоляемая жорданова кривая Γ_C называется гладкой, если 1) её натуральная параметризация $z = z(s)$ непрерывно дифференцируема на отрезке $[0, |\Gamma_C|]$, где $|\Gamma_C|$ — длина кривой Γ_C , 2) всюду на этом отрезке производная $z'(s)$ отлична от нуля и 3) $z'(0+0) = z'(|\Gamma_C| - 0)$. Как обычно, на концах отрезка $[0, |\Gamma_C|]$ производная и непрерывность понимаются в одностороннем смысле: в точке 0 — справа, а в точке $|\Gamma_C|$ — слева.

Требования 1) и 2) выражают непрерывность вращения касательной к кривой при движении точки касания по открытой дуге $z[(0, |\Gamma_C|)]$, а требования 1), 2) и 3) — непрерывность изменения направления касательной к кривой и при переходе точки касания через точку, соответствующую значениям $s = 0$ и $s = |\Gamma_C|$ натурального параметра.

Обозначим через $\forall \delta \in (0, |\Gamma_C|]$ $\omega[z'(s), \delta] := \sup\{|z'(s_1) - z'(s_2)| : \forall s_1 \in [0, |\Gamma_C|] \forall s_2 \in [0, |\Gamma_C|] |s_1 - s_2| \leq \delta\}$ модуль непрерывности производной функции $z'(s)$.

Теорема 3. Пусть Γ_A есть гладкая жорданова кривая, которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера

$$\int_0^{\min\{1, |\Gamma_A|\}} \frac{\omega[z'(s), \delta]}{\delta} \ln \frac{1}{\delta} d\delta < +\infty. \quad (20)$$

Тогда средние Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ рядов по многочленам Фабера являются сильным процессом приближения в банаховом пространстве $\mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$.

Справедливость теоремы 3 вытекает из доказываемых ниже лемм 1 и 2.

Лемма 1. Пусть Γ_A есть гладкая жорданова кривая, которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20). И пусть функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$. Тогда для средних Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ ряда по многочленам Фабера этой функции $f(z)$ выполняются неравенства

$$\forall N \in Z_+ \max_{z \in \Gamma_A} |Z_N^r f(z)| \leq A_5 \cdot \max_{z \in \Gamma_A} |f(z)|, \quad (21)$$

где постоянная A_5 не зависит от номера N и функции $f(z)$.

Доказательство. Шаг 1. Интеграл типа Коши

$$\frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f[\Psi(\tau)]}{\tau - w} d\tau \quad (22)$$

порождает две функции: аналитическую в ограниченной внутренности $|w| < 1$ единичной окружности $|w| = 1$ функцию $f_{\text{Int}}(w)$ и аналитическую в неограниченной внешности $|w| > 1$ единичной окружности $|w| = 1$ функцию $f_{\text{Ext}}(w)$; последняя в бесконечно удалённой точке ∞ обращается в нуль: $f_{\text{Ext}}(\infty) = 0$ [30, с. 55, теорема]. Во всех точках единичной окружности $|w| = 1$ телесные функции $f_{\text{Int}}(w)$ и $f_{\text{Ext}}(w)$ имеют предельные значения $f_{\text{Int}}^+(w)$ и $f_{\text{Ext}}^-(w)$ по всем некасательным путям, лежащим по одну сторону от единичной окружности $|w| = 1$. По формуле Ю. В. Сохоцкого во всех точках единичной окружности $|w| = 1$ плотность $f[\Psi(\tau)]$ интеграла типа Коши (22) равна разности

$$f[\Psi(w)] = f_{\text{Int}}^+(w) - f_{\text{Ext}}^-(w). \quad (23)$$

Как показал С. Я. Альпер [3, с. 190, (6); 31, с. 431, (23)&(21)], контурная функция

$$f_{\text{Ext}}^-(w) = -\frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot f[\Psi(\tau)] d\tau, \quad (24)$$

где сокращение “P.V.” от английских слов “principal value” означает, что несобственный интеграл справа понимается в смысле главного значения. Из равенств (23) и (24) следует, что во всех точках единичной окружности $|w|=1$ контурная функция

$$f_{\text{Int}}^+(w) = f[\Psi(w)] - \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot f[\Psi(\tau)] d\tau. \quad (25)$$

Для гладкой жордановой кривой Γ_A , которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20), конечна верхняя грань [3, с. 181, (24); 31, с. 428, (14)]

$$\frac{1}{2\pi} \sup_{|w|=1} \oint_{|\tau|=1} \left| \frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right| d\tau =: A_6 < +\infty, \quad (26)$$

т. е. несобственные интегралы в предшествовавших интегральных представлениях (24), (25) и в последующих (28) — (30), (33) существуют на самом деле в обычном смысле.

Из интегрального представления (25) в силу (26) имеем оценку

$$\max_{|w|=1} |f_{\text{Int}}^+(w)| \leq (1 + A_6) \cdot \max_{z \in \Gamma_A} |f(z)|, \quad (27)$$

которая означает ограниченность нормы обратного $(F_O)^{-1}$ оператора Фабера для области $\text{Int}\Gamma_A$: $\|(F_O)^{-1}\|_{\mathbf{H}^\infty(\text{Int}\Gamma_A) \rightarrow \mathbf{H}^\infty(|w|<1)} \leq 1 + A_6 < +\infty$ [3, с. 160, (7), с. 166–167, (17)].

Шаг 2. С помощью интегрального представления С. Я. Альпера для многочленов Фабера на контурной кривой $\Gamma_A = \{\Psi(w) : |w|=1\}$ [3, с. 191, (10)]

$$\forall n \in \mathbb{Z}_+ \quad F_n[\Psi(w)] = w^n + \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot \tau^n d\tau, \quad (28)$$

получаем следующее интегральное представление для средних Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ на контурной кривой Γ_A :

$$\begin{aligned} \forall N \in \mathbb{Z}_+ \quad Z_N^r f[\Psi(w)] &= \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{n+1}} dt \cdot w^n + \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{n+1}} dt \cdot \tau^n d\tau. \end{aligned} \quad (29)$$

Так как в случае гладкой жордановой кривой Γ_A , которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20), все коэффициенты Фабера функции $f(z)$ равны соответствующим коэффициентам Тейлора функции $f_{\text{Int}}(w)$ [3, с. 191, (12)]

$$\forall n \in \mathbb{Z}_+ \quad \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{n+1}} dt = \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|<1} \frac{f_{\text{Int}}(t)}{t^{n+1}} dt = \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f_{\text{Int}}^+(t)}{t^{n+1}} dt,$$

то предыдущие равенства (29) на единичной окружности $|w|=1$ принимают вид

$$\forall N \in \mathbb{Z}_+ \quad Z_N^r f[\Psi(w)] = Z_N^r f_{\text{Int}}^+(w) + \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot Z_N^r f_{\text{Int}}^+(\tau) d\tau. \quad (30)$$

Шаг 3. Сложная функция $f_{\text{Int}}^+(e^{ix})$ имеет тригонометрический ряд Фурье степенного типа [31, с. 434, лемма 4]:

$$\forall n \in \mathbb{Z} \quad \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f_{\text{Int}}^+(e^{i\theta}) e^{-in\theta} d\theta = \begin{cases} \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f_{\text{Int}}^+(t)}{t^{n+1}} dt, & n \in \mathbb{Z}_+, \\ 0, & n \in \mathbb{Z} \setminus \mathbb{Z}_+. \end{cases}$$

На основании известной [9, с. 236; 10, с. 19, лемма 3] оценки для средних Зигмунда натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ тригонометрического ряда Фурье сложной функции $f_{\text{Int}}^+(e^{ix})$ имеем

$$\max_{|w|=1} |Z_N^r f_{\text{Int}}^+(w)| = \max_{-\pi \leq x \leq \pi} |Z_N^r f_{\text{Int}}^+(e^{ix})| \leq (2r-1) \cdot \max_{-\pi \leq x \leq \pi} |f_{\text{Int}}^+(e^{ix})| = (2r-1) \cdot \max_{|w|=1} |f_{\text{Int}}^+(w)|. \quad (31)$$

Из интегральных представлений (30) в силу последовательно неравенств (26), (31) и (27) получаем оценку (21) с постоянной $A_5 := (1 + A_6)^2 (2r-1)$, которая не зависит от номера N и функции $f(z)$.

Лемма 1 доказана.

Для случая порядка $r = 1$, т. е. для случая средних Фейера $\sigma_N f(z) := Z_N^1 f(z)$ ряда по многочленам Фабера функции $f \in \mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$, неравенство (21) доказал С. Я. Альпер в своей докторской диссертации.

Лемма 2. Пусть Γ_A есть гладкая жорданова кривая, которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20). И пусть функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$. Тогда средние Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ ряда по многочленам Фабера этой функции $f(z)$ равномерно сходятся к ней на замкнутой жордановой области $\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A$:

$$\forall N \in \mathbb{Z}_+ \quad \max_{z \in \Gamma_A} |f(z) - Z_N^r f(z)| \leq A_7 \cdot \omega_r \left[f_{\text{Int}}^+(e^{ix}), \frac{1}{N+1} \right], \quad (32)$$

где постоянная A_7 не зависит от номера N и функции $f(z)$.

Доказательство. На контурной кривой $\Gamma_A = \{\Psi(w) : |w|=1\}$ [3, с. 193, (18)]

$$\begin{aligned} \forall N \in \mathbb{Z}_+ \quad f[\Psi(w)] - Z_N^r f[\Psi(w)] &= [f_{\text{Int}}^+(w) - Z_N^r f_{\text{Int}}^+(w)] + \\ &+ \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot [f_{\text{Int}}^+(\tau) - Z_N^r f_{\text{Int}}^+(\tau)] d\tau. \end{aligned} \quad (33)$$

Из интегральных представлений (33) в силу последовательно неравенств (26) и (12) получаем оценки (32) с постоянной $A_7 := (1 + A_6) A_3$, которая не зависит от номера N и функции $f(z)$.

Лемма 2 доказана.

Доказательство теоремы 3 закончено.

Равномерную сходимость средних Фейера $\sigma_N f(z) := Z_N^1 f(z)$ ряда по многочленам Фабера функции $f \in \mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$ к ней на замкнутой жордановой области $\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A$ установил С. Я. Альпер [31, с. 442, следствие].

6. Насыщаемый сильный процесс приближения средними Зигмунда рядов по многочленам Фабера для замкнутых жордановых областей со спрямляемой границей. Следуя монографии П. Л. Бутцера и Р. Й. Несселя [2, с. 434, определение 12.0.2], введём следующие понятия.

Определение 4. Пусть Γ_C есть спрямляемая жорданова кривая. Сильный процесс приближения средними Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ рядов по многочленам Фабера в банаховом пространстве $\mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ назовём обладающим свойством насыщения, если существует бесконечно малая положительная вещественная последовательность $(\rho(N))_{N=0}^{+\infty}$, для которой любая функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ со свойством

$$\max_{z \in \Gamma_C} |f(z) - Z_N^r f(z)| = o[\rho(N)], \quad N \rightarrow +\infty,$$

необходимо есть тождественная постоянная на замкнутой жордановой области $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$ и множество

$$F[A(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C), Z_N^r f(z)] := \left\{ f \in A(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C) : \max_{z \in \Gamma_C} |f(z) - Z_N^r f(z)| = O[\rho(N)], N \rightarrow +\infty \right\}$$

содержит в себе по крайней мере одну непостоянную функцию. В этом случае про аппроксимационный процесс (17) говорим, что в банаховом пространстве $A(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ он имеет наилучший порядок приближения $O[\rho(N)]$ или он насыщаем с порядком $O[\rho(N)]$, а множество функций $F[A(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C), Z_N^r f(z)]$ назовём его классом насыщения или классом Фавара.

Если функция $w = \Phi(z)$ конформно и однолистно отображает неограниченную внешность $\text{Ext}\Gamma_C$ спрямляемой жордановой кривой Γ_C в комплексной z -плоскости на неограниченную внешность $|w| > 1$ единичной окружности $|w| = 1$ в комплексной w -плоскости с условием нормировки $0 < \lim_{z \rightarrow \infty} \frac{\Phi(z)}{z} < +\infty$, то $\Phi(\infty) = \infty$ и ряд Лорана функции $w = \Phi(z)$ в окрестности бесконечно удалённой точки $z = \infty$ имеет вид $w = \Phi(z) = \frac{z}{d} + \alpha_0 + \frac{\alpha_{-1}}{z} + \frac{\alpha_{-2}}{z^2} + \dots$, где положительное вещественное число d равно следующим метрическим характеристикам компактов на комплексной плоскости C : 1) трансфинитному диаметру компакта $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$; 2) ёмкости компакта $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$; 3) конформному радиусу области $\text{Ext}\Gamma_C$ относительно точки $z = \infty$; 4) постоянной Чебышёва для компакта $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$.

Для рассматривавшегося в пункте 3 замкнутого единичного круга $|z| \leq 1$ трансфинитный диаметр $d = 1$ [32, с. 289], для рассматривавшегося в пункте 4 отрезка $[-1, 1]$ трансфинитный диаметр $d = \frac{1}{2}$ [32, с. 290], для замкнутого эллипса $\left(\frac{\text{Re}z}{a}\right)^2 + \left(\frac{\text{Im}z}{b}\right)^2 \leq 1$, где $a > 0$ — вещественная полуось и $b > 0$ — мнимая полуось, трансфинитный диаметр $d = \frac{a+b}{2}$.

По определению многочлен Фавера степени точно n есть многочленная часть лорановского разложения функции $[\Phi(z)]^n$ в окрестности бесконечно удалённой точки $z = \infty$:

$$\forall n \in Z_+ \quad F_n(z) := \text{Polynomial} \left[\left(\frac{z}{d} + \alpha_0 + \frac{\alpha_{-1}}{z} + \frac{\alpha_{-2}}{z^2} + \dots \right)^n \right].$$

Очевидно, что $F_0(z) \equiv 1$. Из теории ортогональных рядов известно, что без тождественной единицы невозможно было бы равномерно приблизить функции, которые отличны от нуля при $z = 0$ [33, с. 110].

Теорема 4. Пусть Γ_C есть спрямляемая жорданова кривая. И пусть функция $f \in A(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ отлична от тождественной постоянной на замкнутой жордановой области $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$. Тогда для отклонения такой функции от средних Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ её ряда по многочленам Фавера имеет место

$$\max_{z \in \Gamma_C} |f(z) - Z_N^r f(z)| \neq o\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad N \rightarrow +\infty, \quad (34)$$

а для многочлена Фавера первой степени $F_1(z) \equiv \frac{z}{d} + \alpha_0$ отклонение

$$\max_{z \in \Gamma_C} |F_1(z) - Z_N^r F_1(z)| = O\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad N \rightarrow +\infty. \quad (35)$$

Доказательство. Шаг 1. В силу свойства конформной биортонормированности [3, с. 146, (10); 28, с. 19, (П.4.1); 30, с. 46, (1.12.5)]

$$\forall m \in Z_+ \quad \forall n \in Z_+ \quad \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{F_n[\Psi(\tau)]}{\tau^{m+1}} d\tau = \begin{cases} 1, & \text{когда } m = n, \\ 0, & \text{когда } m \neq n, \end{cases} \quad (36)$$

последовательно имеем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f[\Psi(\tau)] - Z_N^r[\Psi(\tau)]}{\tau^{m+1}} d\tau &\stackrel{(17)}{=} \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \left\{ \frac{f[\Psi(\tau)]}{\tau^{m+1}} - \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{n+1}} dt \cdot \frac{F_n[\Psi(\tau)]}{\tau^{m+1}} \right\} d\tau = \\ &\stackrel{(36)}{=} \left\{ 1 - \left[1 - \left(\frac{m}{N+1} \right)^r \right] \right\} \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{m+1}} dt = \left(\frac{m}{N+1} \right)^r \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{m+1}} dt. \end{aligned} \quad (37)$$

Выше во втором члене равенства (37) мы учли, что переменная интегрирования немая.

Из (37) следует, что при любом фиксированном натуральном числе $m = 1, 2, 3, \dots$ и всех неотрицательных целых числах $N \geq m - 1$ справедливо неравенство

$$\left(\frac{m}{N+1} \right)^r \left| \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{m+1}} dt \right| \leq \max_{z \in \Gamma_C} |f(z) - Z_N^r f(z)|. \quad (38)$$

Далее воспользуемся методом от противного (reductio ad absurdum).

Шаг 2. Заменим заключение (34) теоремы 4 её отрицанием:

$$\max_{z \in \Gamma_C} |f(z) - Z_N^r f(z)| = o\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad N \rightarrow +\infty. \quad (39)$$

Тогда из неравенства (38) следовало бы, что все коэффициенты Фабера функции $f \in \mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ с натуральными номерами $m = 1, 2, 3, \dots$ равны нулю: $\frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{m+1}} dt = 0$. Последнее согласно теореме единственности [10, с. 7; 23, с. 55–56] влекло бы, что функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ есть тождественная постоянная на замкнутой жордановой области $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$: $f(z) \equiv \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t} dt$. Что противоречит посылке теоремы 4 «функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C)$ отлична от тождественной постоянной на замкнутой жордановой области $\Gamma_C \cup \text{Int}\Gamma_C$ ».

Значит, наше допущение (39) ложно и на самом деле имеет место (34).

Шаг 3. Для многочлена Фабера первой степени $F_1(z) \equiv \frac{z}{d} + \alpha_0$ разность

$$F_1(z) - Z_N^r F_1(z) = \left(\frac{z}{d} + \alpha_0 \right) - \left\{ \left[1 - \left(\frac{0}{N+1} \right)^r \right] \cdot 0 \cdot 1 + \left[1 - \left(\frac{1}{N+1} \right)^r \right] \cdot 1 \cdot \left(\frac{z}{d} + \alpha_0 \right) \right\} = \frac{1}{(N+1)^r} \cdot \left(\frac{z}{d} + \alpha_0 \right).$$

Тогда отклонение

$$\max_{z \in \Gamma_C} |F_1(z) - Z_N^r F_1(z)| = \frac{1}{(N+1)^r} \cdot \max_{z \in \Gamma_C} \left| \frac{z}{d} + \alpha_0 \right|.$$

Отсюда имеем (35).

Теорема 4 доказана.

Обобщение теоремы 4 на матричные средние рядов по многочленам Фабера было анонсировано автором в [34, с. 4–6].

Теорема 5. Пусть Γ_A есть гладкая жорданова кривая, которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20). Тогда в банаховом пространстве $\mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$ приближение функций средними Фейера

$$\forall N \in Z_+ \quad \sigma_N f(z) := \sum_{n=0}^N \left(1 - \frac{n}{N+1}\right) \frac{1}{2\pi i} \oint_{|t|=1} \frac{f[\Psi(t)]}{t^{n+1}} dt \cdot F_n(z)$$

их рядов по многочленам Фабера насыщаемо с порядком $O\left(\frac{1}{N}\right)$ при $N \rightarrow +\infty$ и с классом насыщения, состоящим из всех тех функций $f \in \mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$, производные $f'(z)$ которых ограничены в жордановой области $\text{Int}\Gamma_A$:

$$F[\mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A), \sigma_N f(z)] = \left\{ f \in \mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A) : f' \in H^\infty(\text{Int}\Gamma_A) \right\}.$$

Эта теорема была анонсирована автором также в [34, с. 8].

Как уже отмечалось в пункте 3, теорему 5 для замкнутого единичного круга $|z| \leq 1$ (\Leftrightarrow теорему 1), получили Д. Алексич [17, с. 50, VIII; 22, с. 24] и А. Зигмунд [7, с. 203, теорема (13.35); 19, с. 274, (1.3)]. Теорема Алексича—Зигмунда была распространена автором с рядов Тейлора на ряды по многочленам Фабера для замкнутых жордановых областей с аналитической границей в [28, с. 49—70; 35, с. 4—5, теорема 2].

7. Класс насыщения средних Зигмунда рядов по многочленам Фабера для замкнутых жордановых областей с кратно-гладкой границей Келлога—Варшавского.

Теорема 6. Пусть r есть фиксированное натуральное число $1, 2, 3, \dots$ И пусть натуральная параметризация $z = z(s)$ гладкой жордановой кривой $\Gamma_{r,\beta}$ абсолютно непрерывно дифференцируема $r-1$ раз и её производная r -го порядка $z^{(r)}(s)$ удовлетворяет условию Гёльдера с показателем $0 < \beta < 1$ и коэффициентом $0 < A_\beta < +\infty$:

$$\forall s_1 \in [0, |\Gamma_{r,\beta}|] \quad \forall s_2 \in [0, |\Gamma_{r,\beta}|] \quad |z^{(r)}(s_1) - z^{(r)}(s_2)| \leq A_\beta \cdot |s_1 - s_2|^\beta. \quad (40)$$

Тогда в банаховом пространстве $\mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta})$ приближение функций средними Зигмунда (17) порядка r их рядов по многочленам Фабера насыщаемо с порядком $O\left(\frac{1}{N^r}\right)$ при $N \rightarrow +\infty$ и с классом насыщения, состоящим из всех тех функций $f \in \mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta})$, производные r -го порядка $f^{(r)}(z)$ которых ограничены в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$:

$$F[\mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta}), Z_N^r f(z)] = \left\{ f \in \mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta}) : f^{(r)} \in H^\infty(\text{Int}\Gamma_{r,\beta}) \right\}.$$

Очевидно, что $\Gamma_{r,\beta} \subset \Gamma_{r-1,\beta} \subset \dots \subset \Gamma_{2,\beta} \subset \Gamma_{1,\beta} \subset \Gamma_A$.

В силу доказанной в предыдущем пункте 6 теоремы 4 справедливость теоремы 6 следует из приводимых ниже лемм 3 и 4.

Напомним, что в теории аппроксимаций к прямым относят утверждения, в которых по известным структурным свойствам функции заключают о скорости её аппроксимации, а к обратным — утверждения, в которых по известной скорости аппроксимации заключают о её структурных свойствах.

Лемма 3 (прямая). Пусть r есть фиксированное натуральное число $1, 2, 3, \dots$ И пусть натуральная параметризация $z = z(s)$ гладкой жордановой кривой $\Gamma_{r,\beta}$ абсолютно непрерывно дифференцируема $r-1$ раз и её производная r -го порядка $z^{(r)}(s)$ удовлетворяет условию Гёльдера (40). Тогда если функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta})$ имеет ограниченную в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ производную r -го порядка $f^{(r)}(z) : f^{(r)} \in H^\infty(\text{Int}\Gamma_{r,\beta})$, то для отклонения такой функции от средних Зигмунда (17) порядка r её ряда по многочленам Фабера имеет место

$$\max_{z \in \Gamma_{r,\beta}} |f(z) - Z_N^r f(z)| = O\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad N \rightarrow +\infty. \quad (41)$$

Доказательство. Для средних Фейера $\sigma_N f(z) := Z_N^1 f(z)$ лемму 3 доказал С. Я. Альпер [31, с. 435, теорема 3]. Поэтому считаем фиксированное натуральное число $r \geq 2$.

Интеграл типа Коши (22) в ограниченной внутренности $|w| < 1$ единичной окружности $|w| = 1$ определяет функцию $f_{\text{Int}}(w)$. В единичном круге $|w| < 1$ её производная $(r-1)$ -го порядка по известной формуле равна

$$f_{\text{Int}}^{(r-1)}(w) = \frac{(r-1)!}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \frac{f[\Psi(\tau)]}{(\tau-w)^r} d\tau. \quad (42)$$

Методом математической индукции при надлежащих предположениях доказывается, что N -я ($N = 1, 2, 3, \dots$) производная сложной функции $f[\Psi(\tau)]$ выражается формулой

$$\{f[\Psi(\tau)]\}^{(N)} = \sum_{n=1}^N h_{N,n}(\tau) \cdot f^{(n)}[\Psi(\tau)], \quad (43)$$

в которой функциональные коэффициенты $h_{N,n}(\tau)$ при $N = 2, 3, 4, \dots$ и $n = 1, 2, \dots, N$ вычисляются по рекуррентному соотношению

$$h_{N,n}(\tau) = h_{N-1,n-1}(\tau) \cdot \Psi'(\tau) + h'_{N-1,n}(\tau), \quad (44)$$

где по определению коэффициент $h_{1,1}(\tau) \equiv \Psi'(\tau)$ и для $N = 1, 2, 3, \dots$ коэффициенты $h_{N,0}(\tau) \equiv 0 \equiv h_{N,N+1}(\tau)$. Из рекуррентной формулы (44) вытекает, что для $N = 1, 2, 3, \dots$ коэффициенты $h_{N,1}(\tau) \equiv \Psi^{(N)}(\tau)$ и $h_{N,N}(\tau) \equiv [\Psi'(\tau)]^N$. При $\Psi(\tau) \equiv \tau$ формула (43) влечёт формулу (9) пункта 3.

Из формулы (42) интегрированием по частям с помощью формулы (43) убеждаемся, что в единичном круге $|w| < 1$ производная $(r-1)$ -го порядка

$$f_{\text{Int}}^{(r-1)}(w) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{|\tau|=1} \left\{ \Psi^{(r-1)}(\tau) \cdot f'[\Psi(\tau)] + \sum_{n=2}^{r-2} h_{r-1,n}(\tau) \cdot f^{(n)}[\Psi(\tau)] + [\Psi'(\tau)]^{r-1} \cdot f^{(r-1)}[\Psi(\tau)] \right\} \frac{d\tau}{\tau-w}. \quad (45)$$

В силу теоремы Келлога—Варшавского [36, с. 49, теорема 3.6] производная r -го порядка $\Psi^{(r)}(w)$ непрерывно продолжима с неограниченной внешности $|w| > 1$ единичной окружности $|w| = 1$ на саму единичную окружность $|w| = 1$ и на $|w| \geq 1$ удовлетворяет условию Гёльдера с показателем $0 < \beta < 1$. Очевидно, что функции $\Psi(w), \Psi'(w), \dots, \Psi^{(r-1)}(w)$ на $|w| \geq 1$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1. Также очевидно, что в рассматриваемом классе замкнутых жордановых областей $\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ и, более общо, в классе замкнутых жордановых областей $\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A$ с гладкой жордановой границей Γ_A , которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20), функции $f(z), f'(z), \dots, f^{(r-1)}(z)$ на замкнутой жордановой области $\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1. Отсюда следует, что плотность интеграла типа Коши (45) на единичной окружности $|\tau| = 1$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1.

Так как на единичной окружности $|w| = 1$ справедливо интегральное представление

$$\begin{aligned} (f_{\text{Int}}^+)^{(r-1)}(w) &= \sum_{n=1}^{r-1} h_{r-1,n}(w) \cdot f^{(n)}[\Psi(w)] - \\ &- \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot \left\{ \sum_{n=1}^{r-1} h_{r-1,n}(\tau) \cdot f^{(n)}[\Psi(\tau)] - \sum_{n=1}^{r-1} h_{r-1,n}(w) \cdot f^{(n)}[\Psi(w)] \right\} d\tau, \end{aligned}$$

то по схеме С. Я. Альпера [3, с. 185—188; 31, с. 431—434] убеждаемся, что контурная функция $(f_{\text{Int}}^+)^{(r-1)}(w)$ на единичной окружности $|w| = 1$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1:

$$\left| \left(f_{\text{Int}}^+ \right)^{(r-1)}(w_1) - \left(f_{\text{Int}}^+ \right)^{(r-1)}(w_2) \right| \leq A_9 \cdot |w_1 - w_2|.$$

Тогда в силу контурно-телесной теоремы [1, с. 426; 37, с. 113] телесная функция $f_{\text{Int}}^{(r-1)}(w)$ в единичном круге $|w| < 1$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1 и с той же постоянной A_9 .

Следовательно, производная r -го порядка $f_{\text{Int}}^{(r)}(w)$ ограничена в единичном круге $|w| < 1$: $f_{\text{Int}}^{(r)} \in \mathbf{H}^\infty(|w| < 1)$.

По теореме 1 средние Зигмунда порядка r ряда Тейлора функции $f_{\text{Int}}(w)$ равномерно сходятся на замкнутом единичном круге $|w| \leq 1$ к $f_{\text{Int}}(w)$ со скоростью

$$\max_{|w| \leq 1} |f_{\text{Int}}(w) - Z_N^r f_{\text{Int}}(w)| = O\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad N \rightarrow +\infty. \quad (46)$$

Помним, что в точках единичной окружности $|w| = 1$ значения функции $f_{\text{Int}}(w) = f_{\text{Int}}^+(w)$.

Разность $f_{\text{Int}}(w) - Z_N^r f_{\text{Int}}(w)$ прямой F_O оператор Фабера для области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ переводит в разность $f(z) - Z_N^r f(z)$. Так как норма прямого F_O оператора Фабера ограничена: $\|F_O\|_{\mathbf{H}^\infty(|w| < 1) \rightarrow \mathbf{H}^\infty(\text{Int}\Gamma_{r,\beta})} \leq 1 + A_6 < +\infty$ [3, с. 163, (7)], то из (46) имеем (41).

Лемма 3 доказана.

Лемма 4 (обратная). Пусть r есть фиксированное натуральное число $1, 2, 3, \dots$. И пусть натуральная параметризация $z = z(s)$ гладкой жордановой кривой $\Gamma_{r,\beta}$ абсолютно непрерывно дифференцируема $r-1$ раз и её производная r -го порядка $z^{(r)}(s)$ удовлетворяет условию Гёльдера (40). Тогда если средние Зигмунда (17) порядка r ряда по многочленам Фабера функции $f \in \mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta})$ равномерно сходятся к ней на замкнутой жордановой области $\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ со скоростью (41), то производная r -го порядка $f^{(r)}(z)$ ограничена в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$: $f^{(r)} \in \mathbf{H}^\infty(\text{Int}\Gamma_{r,\beta})$.

Доказательство. Для средних Фейера $\sigma_N f(z) := Z_N^1 f(z)$ лемму 4 доказал автор [34, с. 8, (3.4); 38, с. 15—17] для более общих замкнутых жордановых областей $\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A$ с гладкой жордановой границей Γ_A , которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20). Поэтому далее считаем фиксированное натуральное число $r \geq 2$.

Разность $f(z) - Z_N^r f(z)$ обратный $(F_O)^{-1}$ оператор Фабера для области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ переводит в разность $f_{\text{Int}}(w) - Z_N^r f_{\text{Int}}(w)$. Так как норма обратного $(F_O)^{-1}$ оператора Фабера ограничена: $\|(F_O)^{-1}\|_{\mathbf{H}^\infty(\text{Int}\Gamma_{r,\beta}) \rightarrow \mathbf{H}^\infty(|w| < 1)} \leq 1 + A_6 < +\infty$, то из (41) имеем (46).

По теореме 1 производная r -го порядка $f_{\text{Int}}^{(r)}(w)$ ограничена в единичном круге $|w| < 1$: $f_{\text{Int}}^{(r)} \in \mathbf{H}^\infty(|w| < 1)$. Далее рассуждаем аналогично доказательству леммы 3.

Функция $f \in \mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta})$ во всех точках z жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ представима интегралом типа Коши $f(z) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma_{r,\beta}} \frac{f_{\text{Int}}^+[\Phi(\zeta)]}{\zeta - z} d\zeta$.

Тогда её производная $(r-1)$ -го порядка

$$\forall z \in \text{Int}\Gamma_{r,\beta} \quad f^{(r-1)}(z) = \frac{(r-1)!}{2\pi i} \oint_{\Gamma_{r,\beta}} \frac{f_{\text{Int}}^+[\Phi(\zeta)]}{(\zeta - z)^r} d\zeta. \quad (47)$$

Методом математической индукции при надлежащих предположениях доказывается, что N -я ($N = 1, 2, 3, \dots$) производная сложной функции $f_{\text{Int}}^+[\Phi(\zeta)]$ выражается формулой

$$\{f_{\text{Int}}^+[\Phi(\zeta)]\}^{(N)} = \sum_{n=1}^N h_{N,n}(\zeta) \cdot (f_{\text{Int}}^+)^{(n)}[\Phi(\zeta)], \quad (48)$$

в которой функциональные коэффициенты $h_{N,n}(\zeta)$ при $N = 2, 3, 4, \dots$ и $n = 1, 2, \dots, N$ вычисляются по рекуррентному соотношению

$$h_{N,n}(\zeta) = h_{N-1,n-1}(\zeta) \cdot \Phi'(\zeta) + h'_{N-1,n}(\zeta), \quad (49)$$

где по определению коэффициент $h_{1,1}(\zeta) \equiv \Phi'(\zeta)$ и для $N = 1, 2, 3, \dots$ коэффициенты $h_{N,0}(\zeta) \equiv 0 \equiv h_{N,N+1}(\zeta)$. Из рекуррентной формулы (49) вытекает, что для $N = 1, 2, 3, \dots$ коэффициенты $h_{N,1}(\zeta) \equiv \Phi^{(N)}(\zeta)$ и $h_{N,N}(\zeta) \equiv [\Phi'(\zeta)]^N$. Сопоставьте формулы (48) и (49) с формулами (43) и (44).

Из формулы (47) интегрированием по частям с помощью формулы (48) убеждаемся, что в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ производная $(r-1)$ -го порядка

$$f^{(r-1)}(z) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\Gamma_{r,\beta}} \left\{ \Phi^{(r-1)}(\zeta) \cdot (f_{\text{Int}}^+)'[\Phi(\zeta)] + \sum_{n=2}^{r-2} h_{r-1,n}(\zeta) \cdot (f_{\text{Int}}^+)^{(n)}[\Phi(\zeta)] + [\Phi'(\zeta)]^{r-1} \cdot (f_{\text{Int}}^+)^{(r-1)}[\Phi(\zeta)] \right\} \frac{d\zeta}{\zeta - z}. \quad (50)$$

На неограниченной замкнутой внешности $\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ кратно-гладкой жордановой кривой Келлога — Варшавского $\Gamma_{r,\beta}$ функции $\Phi(z), \Phi'(z), \dots, \Phi^{(r-1)}(z)$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1, а производная r -го порядка $\Phi^{(r)}(z)$ удовлетворяет условию Гёльдера с показателем $0 < \beta < 1$ [3, с. 85]. Отсюда следует, что плотность интеграла типа Коши (50) на контуре интегрирования $\Gamma_{r,\beta}$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1.

Так как на единичной окружности $|w| = 1$ справедливо интегральное представление

$$f^{(r-1)}[\Psi(w)] = \sum_{n=1}^{r-1} h_{r-1,n}[\Psi(w)] \cdot (f_{\text{Int}}^+)^{(n)}(w) + \frac{1}{2\pi i} \text{P.V.} \oint_{|\tau|=1} \left[\frac{\Psi'(\tau)}{\Psi(\tau) - \Psi(w)} - \frac{1}{\tau - w} \right] \cdot \left\{ \sum_{n=1}^{r-1} h_{r-1,n}[\Psi(\tau)] \cdot (f_{\text{Int}}^+)^{(n)}(\tau) - \sum_{n=1}^{r-1} h_{r-1,n}[\Psi(w)] \cdot (f_{\text{Int}}^+)^{(n)}(w) \right\} d\tau,$$

то по схеме С. Я. Альпера [3, с. 185—188; 31, с. 431—434] убеждаемся, что контурная функция $f^{(r-1)}(z)$ на кратно-гладкой жордановой кривой Келлога—Варшавского $\Gamma_{r,\beta}$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1: $|f^{(r-1)}(z_1) - f^{(r-1)}(z_2)| \leq A_{10} \cdot |z_1 - z_2|$.

Тогда в силу контурно-телесной теоремы [1, с. 426; 37, с. 113] телесная функция $f^{(r-1)}(z)$ в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$ удовлетворяют условию Гёльдера с показателем 1 и с той же постоянной A_{10} .

Следовательно, производная r -го порядка $f^{(r)}(z)$ ограничена в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$: $f^{(r)} \in \mathbf{H}^\infty(\text{Int}\Gamma_{r,\beta})$.

Лемма 4 доказана.

Доказательство теоремы 6 закончено.

Перечислим жордановы кривые, которые упоминаются в настоящей работе, в порядке увеличения их общности: 1) единичная окружность $|z| = 1$; 2) эллипс $\left(\frac{\text{Re}z}{a}\right)^2 + \left(\frac{\text{Im}z}{b}\right)^2 = 1$ с полуосями $a > 0$ и $b > 0$; 3) аналитическая жорданова кривая; 4) кратно-гладкая жорданова кривая Келлога—Варшавского $\Gamma_{r,\beta}$; 5) гладкая жорданова кривая С. Я. Альпера Γ_A ; 6) спрямляемая жорданова кривая Γ_C .

Формальный мост между рядами Тейлора и рядами Фурье по многочленам П. Л. Чебышёва первого рода образуют ряды по многочленам Фабера для замкнутого эллипса $\left(\frac{\text{Re}z}{a}\right)^2 + \left(\frac{\text{Im}z}{b}\right)^2 \leq 1$. Для последних многочленов

Фабера справедлива рекуррентная формула [28, с. 8, пример 4; 30, с. 37] $F_{n+1}(z) = \frac{2}{a+b} z \cdot F_n(z) - \frac{a-b}{a+b} F_{n-1}(z)$, где номер $n = 2, 3, 4, \dots$, из которой в случае $a = b = 1$, т. е. в случае замкнутого единичного круга $|z| \leq 1$, имеем $z^{n+1} = z \cdot z^n$, а в случае $a = 1$ и $b = 0$ имеем рекуррентную формулу для многочленов Чебышёва первого рода $T_{n+1}(z) = 2z \cdot T_n(z) - T_{n-1}(z)$. В последнем случае на отрезок $[-1, 1]$, если его разрезать от точки $z = -1$ через точку $z = 0$ до точки $z = 1$, мы можем смотреть как на вырожденный эллипс с большой полуосью $a = 1$ и малой полуосью $b = 0$. Указанный выше мост был назван формальным, поскольку предельный переход не обладает свойством наследования: 1) члены вещественной последовательности $\left(\frac{1}{n}\right)_{n=1}^{+\infty}$ положительны: $\frac{1}{n} > 0$, а предел нулевой: $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n} = 0$; 2) члены функциональной последовательности $(z^n)_{n=0}^{+\infty}$ непрерывны на отрезке $[-1, 1]$, а предельная функция на полуинтервале $(-1, 1]$ разрывная:

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} z^n = \begin{cases} \text{не существует, когда } z = -1, \\ 0, \text{ когда } -1 < z < 1, \\ 1, \text{ когда } z = 1. \end{cases}$$

Для эллипса оценки констант приближения имеются в работах Сьюэлла [39, с. 578, теорема; 40, с. 76, 2.6.5] и автора [41, с. 9—10].

Граница замкнутой жордановой области есть единичная окружность $ z = 1$	Результаты теории насыщения теорема 1, [17, с. 50, VIII; 19, с. 274, (1.3)]
аналитическая жорданова кривая	[28, с. 49—70; 35, с. 4—5, теорема 2]
кратно-гладкая жорданова кривая Келлога—Варшавского $\Gamma_{r,\beta}$	теорема 6, [10, с. 13, теорема; 42, с. 55, п. 3, теорема; 43, с. 29, теорема; 44, с. 153—154, теорема 4]
гладкая жорданова кривая С. Я. Альпера Γ_A	теорема 5, [34, с. 8; 38, с. 19, замечание 1; 45, с. 70, следствие]
спрямляемая жорданова кривая Γ_C	теорема 4, [28, с. 47—48, теорема; 34, с. 4—6]

8. Заключение. Пусть Γ_A есть гладкая жорданова кривая, которая удовлетворяет условию С. Я. Альпера (20). И пусть $\mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$ есть множество всех непрерывных на замкнутой жордановой области $\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A$ и аналитических в жордановой области $\text{Int}\Gamma_A$ функций. В данной работе установлено, что средние Зигмунда (17) натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ рядов по многочленам Фабера являются сильным процессом приближения в банаховом пространстве $\mathbf{A}(\Gamma_A \cup \text{Int}\Gamma_A)$.

Если о границе $\Gamma_{r,\beta} \subset \Gamma_A$ дополнительно известно, что её натуральная параметризация $z = z(s)$ абсолютно непрерывно дифференцируема $r - 1$ раз и производная r -го порядка $z^{(r)}(s)$ удовлетворяет условию Гёльдера (40), то класс насыщения средних Зигмунда (17) порядка r рядов по многочленам Фабера состоит из всех тех функций $f \in \mathbf{A}(\Gamma_{r,\beta} \cup \text{Int}\Gamma_{r,\beta})$, производные r -го порядка $f^{(r)}(z)$ которых ограничены в жордановой области $\text{Int}\Gamma_{r,\beta}$.

Из результата М. Заманского [21, с. 170, теорема 2] для тригонометрических рядов Фурье следует, что класс насыщения средних Зигмунда порядка r рядов по многочленам Фабера для отрезка $[-1, 1]$ (\Leftrightarrow рядов Фурье по многочленам П. Л. Чебышёва первого рода) описывается в случае нечётного натурального порядка $r = 1, 3, 5, \dots$ через функцию $[f(\cos x)]^\sim$, тригонометрически сопряжённую к чётной сложной функции $f(\cos x)$. Логично предположить, что при движении от $\Gamma_{r,\beta}$ к $[-1, 1]$ выявление структурной характеристики класса насыщения потребует введения сопряжённого по Фабери ряда и сопряжённой по Фабери функции [29].

Список цитируемых источников

1. Дзядык, В. К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами / В. К. Дзядык. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. — 512 с.
2. Butzer, P. L. Fourier Analysis and Approximation / P. L. Butzer, R. J. Nessel. — Basel; Stuttgart: Birkhäuser, 1971. — Vol. 1. — XVI+533 pp.
3. Суетин, П. К. Ряды по многочленам Фабера / П. К. Суетин. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — 336 с. — Translation from Russian into English: Series of Faber Polynomials / P. K. Suetin. — Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 1998. — XX+301 pp. — (Analytical Methods and Special Functions, 1).
4. Эдвардс, Р. Ряды Фурье в современном изложении : в 2 т. / Р. Эдвардс. — М. : Мир, 1985. — Т. 1. — 264 с.
5. Эдвардс, Р. Ряды Фурье в современном изложении : в 2 т. / Р. Эдвардс. — М. : Мир, 1985. — Т. 2. — 400 с.
6. Бруй, И. Н. Средние тригонометрических рядов и пространств периодических функций. Стендовый доклад / И. Н. Бруй // Содружество наук. Барановичи—2016 : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей: (Барановичи, 19—20 мая 2016 года) : в трёх частях / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач (отв. секр.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2016. — Ч. 2. — С. 6—20.
7. Зигмунд, А. Тригонометрические ряды : в 2 т. / А. Зигмунд. — М. : Мир, 1965. — Т. 1. — 615 с.
8. Бари, Н. К. Тригонометрические ряды / Н. К. Бари. — М. : ГИФМЛ, 1961. — 936 с.
9. Жук, В. В. Аппроксимация периодических функций / В. В. Жук. — Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. — 368 с.
10. Бруй, И. Н. О классе насыщения метода Рисса суммирования рядов Фабера / И. Н. Бруй ; Ред. журн. «Изв. АН БССР. Сер. физ.-мат. н.». — Минск, 1989. — 60 с. — Деп. в ВИНТИ АН СССР 16.08.1989. — № 5514-B89.
11. Bruj, I. The concept of Faber derivative in saturation theory / I. Bruj, J. Müller // Jean Journal on Approximation. — 2011. — Vol. 3, № 2. — P. 227—239.
12. Степанец, А. И. Классификация и приближение периодических функций / А. И. Степанец. — Киев : Наукова думка, 1987. — 268 с.
13. Бруй, И. Н. О включении метода Фейера в одну совокупность методов суммирования числовых рядов / И. Н. Бруй // Техника и технологии: инновации и качество : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 24—25 окт. 2013 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2013. — С. 41—56.
14. Тиман, М. Ф. О порядке приближения функции нормальными средними Зигмунда / М. Ф. Тиман // Докл. АН СССР. — 1968. — Т. 181, № 1. — С. 29—32.
15. Gaier, D. Approximation durch Fejér-Mittel in der Klasse A / D. Gaier // Mitteilungen aus dem mathem. Seminar Giessen. — 1977. — № 123. — S. 1—6.
16. Favard, J. Sur les meilleures procédés d'approximation de certaines classes des fonctions par des polynômes trigonométriques / J. Favard // Bulletin des sciences mathématiques. — 1937. — Т. 61. — P. 209—224, 243—256.
17. Alexits, G. On the order of approximation by the Cesàro means of Fourier series / G. Alexits // Approximation theory : (Selected papers) / G. Alexits. — Budapest : Akadémiai kiadó, 1983. — P. 41—50.
18. Никольский, С. М. Приближение периодических функций тригонометрическими многочленами / С. М. Никольский // Тр. Матем. ин-та АН СССР. — 1945. — Т. 15. — С. 1—76.
19. Zygmund, A. On the degree of approximation of functions by Fejér means / A. Zygmund // Bull. Amer. Math. Soc. — 1945. — Vol. 51. — P. 274—278.
20. Zamansky, M. Classes de saturation de certains procédés d'approximation des séries de Fourier des fonctions continues et applications à quelques problèmes d'approximation / M. Zamansky // Annales scientifiques de l'École normale supérieure. 3 série. — 1949. — Т. 66, № 1. — P. 19—93.
21. Zamansky, M. Classes de saturation des procédés de sommation des séries de Fourier et applications aux séries trigonométriques / M. Zamansky // Annales scientifiques de l'École normale supérieure. 3 série. — 1950. — Т. 67. — P. 161—198.
22. Бруй, И. Н. Памяти моего научного руководителя А. К. Покало: его идеи / И. Н. Бруй // Технологии, экономика и право: актуальные проблемы и инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 20 нояб. 2014 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), А. К. Гавриленя (отв. ред.) [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2014. — С. 16—32.
23. Гайер, Д. Лекции по теории аппроксимации в комплексной области / Д. Гайер. — М. : Мир, 1986. — 216 с.
24. Butzer, P. L. The Operational Properties of the Chebyshev Transform. II. Fractional Derivatives / P. L. Butzer, R. L. Stens // Теория приближения функций : Труды Международной конференции по теории приближения функций : Калуга, 24—28 июля 1975 г. — М. : Наука, 1977. — С. 49—61.
25. Теляковский, С. А. Две теоремы о приближении функций алгебраическими многочленами / С. А. Теляковский // Математический сборник. — 1966. — Т. 70 (112), № 2. — С. 252—265.
26. Дзядык, В. К. О конструктивной теории функций на замкнутых множествах комплексной плоскости / В. К. Дзядык // Теория приближения функций : Труды Международной конференции по теории приближения функций : Калуга, 24—28 июля 1975 г. — М. : Наука, 1977. — С. 157—172.
27. Тригуб, Р. М. Суммируемость рядов Фурье и некоторые вопросы теории приближений / Р. М. Тригуб. — Донецк : Донецкий гос. ун-т, 1980. — 235 с. — Деп. в ВИНТИ 08.12.1980. — № 5145-80 Деп.
28. Бруй, И. Н. Ряды Фабера. Суммирование / И. Н. Бруй. — Гомель : ГГУ, 1988. — 100 с.
29. Бруй, И. Н. К понятию сопряжённости в теории рядов по многочленам Фабера / И. Н. Бруй // Экономика, технологии и право в современном мире : материалы Междунар. науч.-практ. конф. факультета экономики и права и инженерного факультета: (Барановичи, 20 октября 2016 года) / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач В. Н. Кременевская (отв. секр.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2017. — С. 113—122.
30. Бруй, И. Н. Ряды Фабера / И. Н. Бруй. — Гомель : ГГУ, 1983. — 66 с.
31. Альпер, С. Я. О равномерных приближениях функций комплексного переменного в замкнутой области / С. Я. Альпер // Изв. АН СССР. Сер. матем. — 1955. — Т. 19, № 3. — С. 423—444.
32. Голузин, Г. М. Геометрическая теория функций комплексного переменного / Г. М. Голузин. — М. : Наука, 1966. — 628 с.
33. Качмаж, С. Теория ортогональных рядов / С. Качмаж, Г. Штейнгауз. — М. : ГИФМЛ, 1958. — 507 с.
34. Бруй, И. Н. О классе насыщения метода Фейера суммирования рядов Фабера / И. Н. Бруй ; Ред. журн. «Изв. АН БССР. Сер. физ.-мат. н.». — Минск, 1987. — 27 с. — Деп. в ВИНТИ АН СССР 17.12.1987. — № 8858-B87.
35. Бруй, И. Н. Об одном результате Д. Алексича / И. Н. Бруй ; Ред. журн. «Изв. АН БССР. Сер. физ.-мат. н.». — Минск, 1982. — 20 с. — Деп. в ВИНТИ АН СССР 16.08.1982. — № 4502-82 Деп.
36. Pommerenke, Ch. Boundary Behaviour of Conformal Maps / Ch. Pommerenke. — Berlin ; Heidelberg : Springer, 1992. — X+300 pp.
37. Тамразов, П. М. Гладкости и полиномиальные приближения / П. М. Тамразов. — Киев : Наукова думка, 1975. — 271 с.
38. Бруй, И. Н. Конструктивные описания аналитических функций классов Гёльдера / И. Н. Бруй // Математические заметки. — 1990. — Т. 47, № 5. — С. 14—20. — Translation from Russian into English: Constructive descriptions of analytic functions of Hölder classes / I. N. Bruj // Mathematical Notes. — 1990. — Vol. 47, no. 5-6. — P. 433—437.

39. Sewell, W. E. On the polynomial derivative constant for an ellipse / W. E. Sewell // American Mathematical Monthly. — 1937. — Vol. 44. — P. 577—578.
40. Sewell, W. E. Degree of approximation by polynomials in the complex domain / W. E. Sewell. — Princeton : Princeton university press, 1942. — IX+236 pp.
41. Бруй, И. Н. Дифференцирование аппроксимационного процесса для одного класса регулярных функций / И. Н. Бруй ; Ред. журн. «Изв. АН БССР. Сер. физ.-мат. н.». — Минск, 1975. — 18 с. — Деп. в ВИНТИ АН СССР 09.06.1975. — № 1625-75 Деп.
42. Бруй, И. Н. О классе насыщения метода Рисса суммирования рядов Фабера / И. Н. Бруй // Теория функций и приближений : Труды 4-й Саратовской зимней школы, 25 янв. — 5 февр. 1988 г. : Межвуз. научный сборник : В 3 ч. — Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1990. — Часть 2. — С. 54—56.
43. Бруй, И. Н. Ряды Фабера и классы аналитических функций / И. Н. Бруй // Всесоюзная школа «Теория приближения функций» : Тезисы докладов, Луцк, 31 авг. — 8 сент. 1989 г. — Киев : Ин-т математики АН УССР, 1989. — С. 29.
44. Бруй, И. Н. Конструктивные описания некоторых классов функций на замкнутых жордановых областях с гладкой границей / И. Н. Бруй, И. Йо // Problems of pure and applied mathematics : Abstracts of conference : 21—22.IX 1990. — Tartu : Tartu Ülikool, 1990. — P. 152—155.
45. Бруй, И. Н. О классах насыщения некоторых методов суммирования рядов Фабера / И. Н. Бруй // Вестник Белорус. гос. ун-та. Серия 1. — 1993. — № 1. — С. 69—70.

УДК 519.872.5

В. В. Бураковский, кандидат физико-математических наук, доцент, **А. Д. Разгуляев**
Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», Гомель

СИММЕТРИЧНАЯ МАРКЕРНАЯ КОЛЬЦЕВАЯ СЕТЬ СО СЛУЧАЙНЫМ ВЫБОРОМ ДИСЦИПЛИНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СООБЩЕНИЙ

Введение. Применение локальной вычислительной сети (далее — ЛВС) в настоящее время приобрело массовый характер во многих отраслях машиностроения, особенно наукоемких, к которым относятся авиаприборостроение, ракетостроение и др. Поэтому представляет интерес проблема повышения эффективности их практического применения.

Протокол маркерного доступа — одна из самых эффективных схем, обеспечивающих связь между станциями в кольцевой сети передачи данных [1]. Кольцевая ЛВС (далее — КЛВС) с маркерным доступом относится к протоколам детерминированного множественного доступа циклического типа [2]. Она представляет собой совокупность абонентских станций (далее — АС), соединенных последовательно двухточечными линиями. Абонентские станции получают право на передачу данных при получении специального служебного кадра — маркера, циркулирующего по кольцу. Функционирование сети происходит в соответствии со стандартом ANSI/IEEE 802.5 [3]. При поступлении маркера на АС может случайным образом подключаться ординарная (ordinary) или вентиляционная (gated) дисциплины обслуживания сообщений [4]. Математическими моделями КЛВС с маркерным доступом являются циклические системы массового обслуживания [5]. Адекватность математических моделей, описывающих КЛВС с ординарной, а также вентиляционной дисциплиной обслуживания стоящих в буфере АС сообщений, проверялась с помощью разработанных имитационных моделей [6]. Основные вероятностно-временные характеристики, полученные с помощью стационарных вероятностей состояний рассматриваемой сети, необходимы для анализа эффективности и оптимизации функционирования КЛВС [7].

Основная часть. Рассматривается симметричная КЛВС с протоколом маркерного доступа (стандарт ANSI/IEEE 802.5). На каждой из абонентских станций кольца имеется конечный буфер емкости m ($m > 1$). Всего в сети N АС, связанных между собой моноканалом. Так, АС занумерованы таким образом, что номер станции увеличивается по направлению движения маркера по кольцу. При поступлении маркера на произвольную АС случайным образом подключается одна из двух дисциплин обслуживания находящихся в буфере сообщений. С вероятностью p включается ординарная, а с вероятностью $1 - p$ подключается вентиляционная дисциплина обслуживания.

Поступающие на каждую АС (независимо от номера) сообщения образуют простейший поток интенсивности λ . В момент поступления маркера на АС она может находиться в одном из $m + 1$ состояний в зависимости от числа сообщений, находящихся в буфере АС, с соответствующими вероятностями p_i , $0 \leq i \leq m$. Сообщения, поступающие на АС с полностью занятым буфером, теряются.

Обозначим через δ время передачи сообщения между соседними АС. Для приема сообщения на АС-адресате необходимо время a . Время передачи (обслуживания) одного сообщения для любой станции: $\Delta = N\delta + a$.

Будем рассматривать состояния КЛВС в моменты поступления маркера на станции. Поскольку имеется очевидная симметрия процессов передачи сообщений в сети, исследуется произвольная АС кольца. Поведение рассматриваемой КЛВС в моменты поступления маркера на фиксированную АС описывается неприводимой, неперiodической цепью Маркова.

Ввиду симметричности КЛВС будем считать, что если на рассматриваемой АС подключается одна из двух дисциплин обслуживания (ординарная или вентиляльная), то и на всех АС до возвращения маркера на рассматриваемую станцию также происходит обслуживание согласно этой же дисциплине. При следующем поступлении маркера на рассматриваемую АС случайным образом опять для всех станций включается какая-то из дисциплин обслуживания, стоящих в буферах сообщений. Предполагается, что при поступлении маркера буфер на АС, с которой происходит передача сообщений, блокируется для их поступления до окончания передачи.

Стационарные вероятности и вероятностно-временные характеристики функционирования сети.
Процедура определения стационарных вероятностей состояний рассматриваемой КЛВС:

$$(p_0, p_1, \dots, p_m) = (p_0, p_1, \dots, p_m)(pQ + (1-p)G),$$

$$\sum_{i=0}^m p_i = 1,$$

где Q и G — матрицы переходных вероятностей размерности $(m+1) \cdot (m+1)$ для ординарной и вентиляльной дисциплин обслуживания соответственно.

Матрица переходных вероятностей для ординарной дисциплины обслуживания сообщений имеет вид:

$$Q = \begin{bmatrix} q_0 & q_1 & q_2 & \dots & q_{m-1} & q_m \\ q_0 & q_1 & q_2 & \dots & q_{m-1} & q_m \\ 0 & q_0 & q_1 & \dots & q_{m-2} & q_{m-1} + q_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & q_0 & 1 - q_0 \end{bmatrix},$$

а элементы ее вычисляются по формулам:

$$q_i = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{(\lambda(N\delta + k\Delta))^i}{i!} e^{-\lambda(N\delta + k\Delta)} C_{N-1}^k (1-p_0)^k p_0^{N-k-1}, \quad 0 \leq i \leq m-1, \quad q_m = 1 - \sum_{i=0}^{m-1} q_i.$$

Основными характеристиками, определяющими эффективность функционирования рассматриваемой КЛВС, являются следующие:

- средняя длина очереди на АС: $L = \sum_{i=1}^m i p_i$;
- средняя продолжительность обслуживания сообщений на АС: $TM = (pKZ + (1-p)L)\Delta$;
- среднее число обслуженных за время обращения маркера по кольцу сообщений:

$$MS = p \sum_{k=0}^N k C_N^k (1-p_0)^k p_0^{N-k} + (1-p) \sum_{k=0}^{Nm} k \sum_{r_0=0}^N \dots \sum_{r_m=0}^N \frac{N!}{r_0! \dots r_m!} p_0^{r_0} \dots p_m^{r_m};$$

- среднее время обращения маркера по кольцу: $TL = N\delta + \Delta \cdot MS$.

Заключение. В работе представлена математическая модель симметричной кольцевой локальной сети с протоколом маркерного доступа, на каждой станции которой имеется буфер конечной емкости. Обслуживание сообщений происходит по одной из двух дисциплин (ординарной или вентиляльной), которые подключаются к очереди случайным образом. Предложенная модель основана на предположении о независимости процессов, протекающих на различных станциях. Она позволяет значительно сократить число состояний и упростить процедуру определения стационарных вероятностей сети, а также облегчить получение основных характеристик ее функционирования и построение имитационной модели. Локальные сети такого типа очень широко используются в настоящее время, проблемы их оптимизации, эффективности работы являются актуальными.

Список цитируемых источников

1. Takagi, H. Analysis of Polling Systems / H. Takagi. — Cambridge, M.A.: MIT Press, 1986. — 198 p.
2. Бакс, В. Кольцевые локальные сети с маркерным доступом и их производительность / В. Бакс // ТИИЭР. — 1989. — № 2. — С. 121—142.
3. ANSI/IEEE 802.5 Standard-1985. Token-passing Ring Access Method and Physical Layer Specification // IEEE Press. — 1985. — 89 p.
4. Бураковский, В. В. Локальные вычислительные сети: курс лекций по спецкурсу для студентов специальности 1-31 03 01 02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)» специализации 1-31 03 01 02 06 «Теория вероятностей и математическая статистика» / В. В. Бураковский, В. О. Родченко. — Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2008. — 78 с.

5. Бураковский, В. В. Симметричная кольцевая локальная сеть с протоколом маркерного доступа, буферами конечной емкости и вентиляционной дисциплиной обслуживания / В. В. Бураковский // Сборник научных трудов / Нац. ассоциация авиаприборостроителей (НААП). — СПб., 1998. Вып. 1 : Аэрокосмическое приборостроение России. Сер. 2. Авионика. — С. 38—46.

6. Бураковский, В. В. Имитационная модель КЛВС с бесконечными буферами и вентиляционным обслуживанием / В. В. Бураковский // Materialy IX mezinárodní vědecko-praktická konference "Efektivní nástroje moderních věd-2013". — 27 dubna — 05 května 2013 roku / Publishing House "Education and Science" s.r.o.; Sefredaktor Z. Cernak. — Praha, 2013. — Díl 40. — Matematika. — P. 19—22.

7. Бураковский, В. В. Кольцевая локальная сеть с протоколом маркерного доступа / В. В. Бураковский, Г. А. Медведев // Техника средств связи. Сер. Системы связи. — 1990. — Вып. 7. — С. 9—16.

УДК378.147.88

Н. В. Водопьян

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

О ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

Введение. Качественная подготовка специалистов и обеспечение предприятий высококвалифицированными кадрами — главная задача любого учреждения высшего образования, основа его устойчивого развития.

Современный инженер — это специалист, для системы знаний и умений которого характерна целостность в понимании проблем на теоретическом, практическом и рефлексивном уровнях [1].

С учетом прогнозного видения тех изменений, которые могут произойти, скажем, к 2030 году, грамотный инженер обязан овладеть языком представления технических систем, знать общие закономерности их поведения в разных условиях, освоить знания по оценке свойств и принципам выбора технических решений [2]. В связи с этим повышение практико-ориентированной подготовки специалистов и углубление связей с предприятиями-заказчиками кадров является одной из основных задач повышения качества подготовки специалистов и конкурентоспособности высшего образования в мировом образовательном пространстве.

Основная часть. Высокая динамика требований работодателя к выпускникам университетов инженерного профиля обусловила актуальность тесного сотрудничества кафедр инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет» с промышленными предприятиями города и региона по вопросам формирования учебных планов, учебных программ, а также организации образовательного процесса и научных исследований. Одной из прогрессивных форм сотрудничества является открытие филиалов кафедр на базе предприятий.

Кафедрами инженерного факультета БарГУ созданы четыре филиала: филиал кафедры технологии машиностроения на базе филиала ЗАО «АТЛАНТ» — Барановичский станкостроительный завод (БСЗ); филиал кафедры оборудования и автоматизации производства на базе ОАО «Барановичский завод автоматических линий»; филиал кафедры аграрных дисциплин на базе ОАО «СтоловичиАгро» Барановичского района; филиал кафедры механизации и энергообеспечения производства на базе ОАО «Агрокомбинат "Мир" Барановичского района.

Основными задачами филиалов кафедр инженерного факультета являются:

- привлечение наиболее опытных инженеров к практическому обучению студентов. Квалифицированные специалисты предприятий преподают дисциплины профессионального цикла студентам факультета, являются руководителями дипломного проектирования, активно участвуют в разработке учебных программ;
- организация и проведение лабораторных занятий с использованием современного станочного оборудования предприятия, которым невозможно оснастить учебные лаборатории;
- ознакомление студентов с действующими на предприятии технологическими процессами, нормами и требованиями.

На всех филиалах кафедр оборудованы учебные лаборатории для проведения занятий, используется современное технологическое оборудование. На филиалах кафедр технологии машиностроения и оборудования и автоматизации производства руководством предприятий выделены производственные участки для проведения лабораторных работ и ознакомления студентов с современным уникальным оборудованием. При этом расположение филиалов кафедр на территории предприятий позволяет наглядно показать будущим специалистам те производственные процессы, о которых они слышали на лекционных занятиях.

На базе филиалов кафедр инженерного факультета в рамках научно-исследовательских работ аспирантами и магистрантами факультета выполняются совместные исследования по ионно-плазменному азотированию поверхностей деталей машин. Студенты второй ступени получения образования (магистратуры) проводят научные исследования, связанные с изучением физико-механических свойств металлов и эксплуатационных свойств деталей машин с использованием установки магнитно-импульсной обработки.

Необходимо отметить, что работниками филиалов (представителями предприятий) оказывается техническая помощь при изготовлении лабораторного оборудования и научных образцов по темам научно-исследовательских работ кафедр.

Также филиалы кафедр используются для проведения учебных, производственных и преддипломных практик. Практика — это всегда благоприятная возможность для обеих сторон: предприятие имеет возможность подобрать для себя и адаптировать к своим особенностям за время практик лучших выпускников факультета, а студенты — получить первый опыт и изучить правила и требования к выполнению профессиональных обязанностей на предприятии.

За 2017 год объём учебной нагрузки, выполняемый в филиалах, составил $\approx 15\%$ от общей нагрузки по факультету. На филиалах кафедр реализуются и инновационные проекты.

В процессе работы филиалов кафедр постоянно используется задачник от производства для определения тем курсовых проектов (работ), дипломных и магистерских проектов с увеличением количества актов и справок о внедрении исследований в производство.

В целях усиления практико-ориентированной составляющей подготовки специалистов с высшим образованием инженерный факультет планирует на базе филиалов кафедр в рамках изучения дисциплин «Введение в образование», «Технология конструкционных материалов», учебной технологической практики обучение студентов рабочим специальностям с присвоением разряда по профессии «Станочник». Получение разряда позволит при прохождении производственных практик направлять студентов на рабочие места, что значительно повысит качество практического обучения.

Для реализации интегрированной системы «кафедра—филиал—предприятие» и повышения эффективности практико-ориентированной подготовки необходимо конечно же, и желание производителей — подготовить своих будущих высококлассных специалистов.

Инженерный факультет постоянно проводит работу по расширению сети филиалов на предприятиях города и региона.

Заключение. Филиал кафедры является активной формой связи процесса обучения с промышленностью. Только в тесном взаимодействии предприятий и факультета возможно подготовить специалиста инженерного профиля современной формации, способного создавать новые технологии.

Список цитируемых источников

1. Денисова, Н. А. Вопросы интеграции образовательной и производственной сред при подготовке инженеров машиностроительного профиля / Н. А. Денисова // Технология машиностроения. — 2011. — № 1. — С. 61—64.
2. Ракицкий, А. А. Инновационные технологии в инженерном образовании // А. А. Ракицкий, Н. Я. Новик // Выш. шк. — 2011. — № 4. — С. 41—44.

УДК 621.396.96

А. А. Дмитренко

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», Минск

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ КООРДИНАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЛЕКСАХ КОНТРОЛЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

Введение. Процесс контроля порядка использования воздушного пространства имеет сложную многоступенчатую структуру. Одним из технических этапов этого процесса является этап координатных преобразований первичной радиолокационной информации, поступающей от радиолокационных станций (далее — РЛС). Необходимость в координатных преобразованиях обусловлена тем, что каждая из РЛС работает в собственной системе координат, привязанной к ее точке стояния. В целях обеспечения возможности контроля всего воздушного пространства необходимо каким-либо способом объединить первичную радиолокационную информацию от нескольких РЛС, а также определенным образом обработать и преобразовать эти данные для их дальнейшего использования в автоматизированных системах управления воздушным движением [1; 2].

Основная часть. Радиолокационные станции работают в сферической системе координат (азимут, угол места, дальность). Автоматизированные системы управления воздушным движением работают в прямоугольной системе координат. Взаимосвязь между этими системами координат является нелинейной. Математически преобразование координатной информации из одной системы в другую представляет собой решение системы нелинейных уравнений.

В большинстве случаев для решения полученных систем нелинейных уравнений строится функционал, минимум которого достигается на решении системы. Затем, задавшись начальным приближением к точке минимума, проводят итерации каким-либо из методов спуска и таким путем получают удовлетворительное при-

ближение к решению системы. Исходя из этого приближения далее производят уточнения при помощи какого-либо итерационного метода, специфического для задачи решения системы уравнений.

Задача поиска решений не имеет достаточно эффективных методов общего характера. В отличие от систем линейных алгебраических уравнений, для решения которых могут применяться как прямые (или точные), так и итерационные (или приближенные) методы, решение систем нелинейных уравнений можно получить только приближенными, итерационными методами. Итерационные методы позволяют получать последовательность приближений $X = (x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{nk})$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$. Если итерационный процесс сходится, то граничное значение является решением данной системы уравнений [3—5].

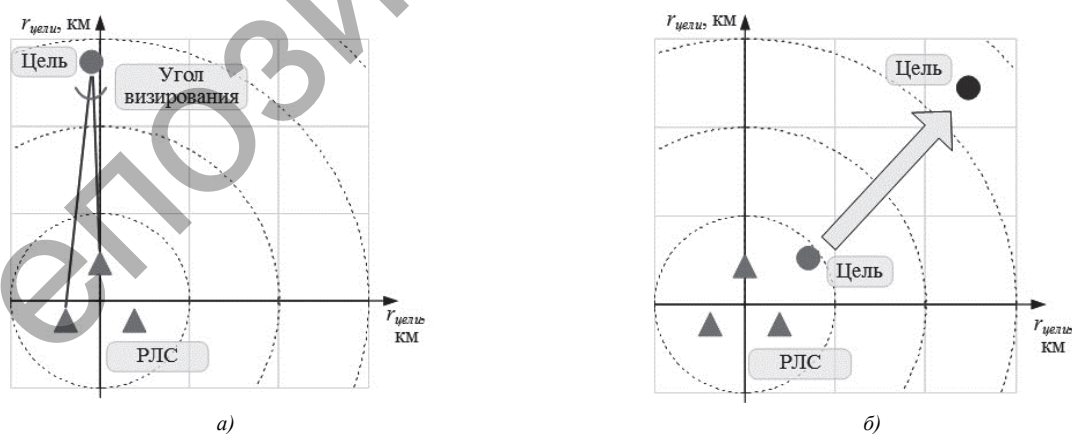
На практике для решения систем нелинейных уравнений чаще всего используют методы Ньютона, градиента, последовательных итераций и Левенберга—Марквардта. Основная идея метода Ньютона состоит в выделении из уравнений линейных частей в окрестности каждого приближения, которые являются главными при малых приращениях аргументов. Это позволяет свести исходную задачу к решению последовательности линейных систем.

Простейший градиентный метод — это наиболее интуитивно понятный способ нахождения минимума функции. Вычисление параметра на очередном шаге выполняется путем вычитания градиента функции, умноженного на заданный положительный коэффициент. Однако при таком подходе имеют место различные проблемы сходимости. Логично предположить, что желательно было бы осуществлять большие шаги по направлению градиента там, где градиент мал (т. е. наклон пологий), и, наоборот, маленькие шаги там, где градиент большой, чтобы не пропустить минимум. Другая проблема заключается в том, что кривизна поверхности невязки может быть не одинаковой по всем направлениям. К примеру, если есть длинная и узкая впадина на поверхности невязки, компонент градиента в направлении, указывающем вдоль основания впадины, очень мал, а компонент градиента вдоль стенок впадины, наоборот, велик. Это приводит к движению по направлению к стенкам впадины, тогда как необходимо перемещаться на большие расстояния вдоль основания впадины и на малые — вдоль ее стенок.

Ситуацию можно улучшить, если учитывать информацию о кривизне и градиенте, т. е. вторые производные. Один из способов сделать это — использовать метод Ньютона. Главное достоинство такого подхода — быстрая сходимость. Однако скорость сходимости зависит от начального положения (от линейности вокруг начального положения). Таким образом, метод Левенберга—Марквардта можно представить как комбинацию простейшего градиентного метода и метода Ньютона. Они дополняют друг друга с точки зрения предоставляемых преимуществ.

В результате анализа результатов математического имитационного моделирования работы системы РЛС были выявлены определенные ограничения применения методов последовательных итераций, Ньютона и градиента при преобразовании координатной информации из сферической системы координат в прямоугольную.

Вектор искоемых параметров (прямоугольные координаты цели) не сходится к реальным при малых углах визирования цели относительно любой из пар РЛС (рисунок 1, а); при значительном увеличении дальности цели относительно РЛС (около 2—3 значений расстояний между РЛС) (см. рисунок 1, б); при наличии отрицательных значений координат РЛС в оконечной прямоугольной системе координат (см. рисунок 1, в). Также в подавляющем большинстве случаев матрица Якоби оказывается вырожденной (что не позволяет использовать алгоритм Ньютона) (см. рисунок 1, г).



а — относительное пространственное расположение РЛС и цели, при которых угол визирования объекта наблюдения минимален; б — относительное пространственное расположение РЛС и цели при значительном удалении объекта наблюдения относительно месторасположения комплекса РЛС; в — относительное пространственное расположение РЛС и цели при наличии отрицательных значений координат РЛС; г — условие вырождения матрицы Якоби системы уравнений при определении координат целей

Рисунок 1 — Условия относительного пространственного расположения РЛС и целей, при которых методы последовательных итераций, Ньютона и градиента имеют ограничения в применении

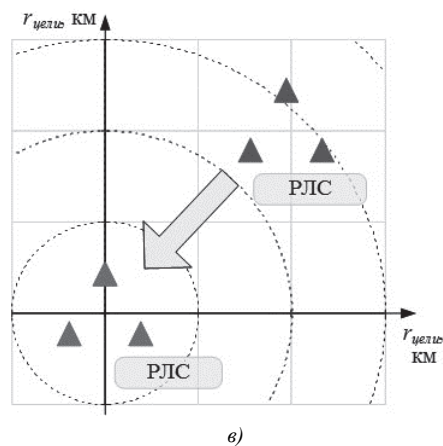


Рисунок 1 — Окончание

Заключение. Хотя метод Левенберга—Марквардта является не оптимальным, а лишь эвристическим методом, он очень хорошо работает на практике. Основной его недостаток заключается в необходимости обращения матрицы на каждом шаге. Даже несмотря на то, что нахождение обратной матрицы обычно выполняется с использованием быстрых методов псевдообращения (таких как разложение по сингулярным числам матрицы), время одной итерации становится неприемлемым для нескольких тысяч параметров. Для моделей же средних размеров (с несколькими сотнями параметров) LMA работает даже быстрее, чем простейший градиентный метод [3—6].

Список цитируемых источников

1. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория : справочник / Я. Д. Ширман [и др.] ; под ред. Я. Д. Ширмана. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Радиотехника, 2007. — 512 с.
2. Справочник по радиолокации : в 2 кн. / М. И. Сколник [и др.] ; под ред. М. И. Сколника ; пер. с англ., под общ. ред. В. С. Вербы. — М. : Техносфера, 2014. — 1352 с.
3. Nocedal, J. Numerical Optimization / J. Nocedal, S. J. Wright. — New York : Springer, 1999.
4. Алексеев, Е. П. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9 / Е. П. Алексеев, О. В. Чеснокова. — М. : ИТ Пресс, 2006. — 496 с.
5. Мышенков, В. И. Численные методы : учеб. пособие / В. И. Мышенков, Е. В. Мышенков. — М., 2001.
6. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров : учеб. пособие / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. — М. : Высш. шк., 1994. — 544 с.

УДК 378.14.015.62

В. А. Дремук, кандидат технических наук, доцент, **Н. В. Водопьян**
 Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Введение. Повышение качества высшего образования — один из важнейших приоритетов в образовательной политике нашего государства. Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития предусмотрено создание цивилизованного рынка образовательных услуг, включение системы образования Беларуси в мировой образовательный процесс [1].

В ст. 11 Всемирной декларации ЮНЕСКО по высшему образованию качество высшего образования является многомерным понятием, которое должно включать все его функции и всю деятельность: преподавание и программы обучения, исследования ученых и аспирантов, персонал, студентов, здания, факультеты, оборудование, оказание услуг обществу и академическую среду.

Согласно стандартам ИСО (ISO) серии 9001-2011, под качеством следует понимать степень соответствия свойств какого-либо объекта (продукта, услуги, процесса) некоторым требованиям (нормам, стандартам).

Важную роль при определении качества образовательных услуг играют критерии оценки качества. Под критерием качества образования понимается признак, на основании которого дается оценка качества образовательных достижений обучающихся и качество образовательного процесса. Исходя из цели функционирования образовательного учреждения определяются критерии оценки качества образования, их количество должно

быть достаточным для оценки наиболее существенных параметров, так как комплексная оценка возможна только во взаимосвязи принятых критериев [2].

Проблема качества образования становится особенно актуальной в условиях, когда количество потенциальных абитуриентов в стране сокращается, а университеты вынуждены конкурировать за каждого студента. Важным аспектом вопроса качества является необходимость национальной системы образования конкурировать на международном рынке образовательных услуг для привлечения иностранных студентов, так как экспорт образовательных услуг является одним из приоритетов [3].

Для оценки удовлетворенности качеством образовательных услуг, а также для выявления сильных и слабых сторон в организации учебного процесса необходимо установить обратную связь с потребителем образовательных услуг. Необходимо постоянное наличие достоверной информации об условиях функционирования каждого элемента университетской системы. Это достигается путем организации системного мониторинга качества образования.

Мониторинг образования предполагает регулярную процедуру сбора данных по важным образовательным аспектам, таких как уровень учебной и научной подготовленности преподавательского состава, состояние научно-исследовательских работ, анализа промежуточного и итогового контроля знаний студентов по дисциплинам. Целью мониторинга является формирование аналитических и статистических материалов и информирование о выходе тех или иных параметров за допустимые границы.

Основная часть. В учреждении образования «Барановичский государственный университет» определение оценки удовлетворенности абитуриентов, студентов дневной и заочной форм получения образования, молодых специалистов и нанимателей было реализовано через социологическое исследование. В 2016 учебном году было опрошено 183 абитуриента, 379 студентов дневной формы получения образования, 366 студентов заочной формы получения образования инженерного факультета, 179 руководителей предприятий и организаций, 179 молодых специалистов. Для получения значимых результатов опроса обеспечивался его анонимный характер.

Цель исследования — изучение степени удовлетворенности потребителей инженерного факультета качеством предоставляемых образовательных услуг.

Практическая значимость результатов исследования связана с выявлением основных факторов, оказывающих влияние на удовлетворенность потребителей, что дает возможность корректировать методику и практику образовательного и управленческого процессов. Анкеты были разработаны отделом менеджмента качества. Расчет удовлетворенности производился по основным блокам вопросов.

Т а б л и ц а 1 — Интеграция значений индекса удовлетворенности качеством предоставления образовательных услуг, %

Показатель	Индекс удовлетворенности
Полностью удовлетворен	80—100,0
Средняя степень удовлетворенности	60—79,9
Низкая степень удовлетворенности	25—59,9
Полностью не удовлетворен	0—24,9

Результаты проведенного анкетирования среди абитуриентов показали, что отношение абитуриентов к университету достаточно хорошее. Удовлетворенность составила 73% (средняя степень удовлетворенности). Информацию об университете абитуриенты получают в основном на сайте БарГУ (93%).

Удовлетворенность студентов дневной формы получения образования составила 64% (средняя степень удовлетворенности). Высокий процент удовлетворенности (73—79%) по показателям: умение работать в команде, умение использовать технические устройства, управлять информацией и работать с компьютером; непосредственное общение со старостой, одногруппниками; оперативность и результативность реагирования декана/кафедры на обращения; возможность связаться с преподавателем для получения необходимой информации. Отрицательные моменты (низкая степень удовлетворенности — 32—56%): расписание занятий, организация дополнительных образовательных услуг на платной основе (образовательные курсы и др.); качество предоставления образовательных услуг на платной основе; качество вай-фай в корпусах; организация и обеспечение социально-психологической помощи. Пожелания студентов дневной формы получения образования: «вернуть советскую модель обучения»; «поменьше пар в день»; «дать студентам вай-фай» — это позволит повысить общий уровень университета и его способность конкурировать; больше уделять внимания лабораторным и практическим занятиям.

Результаты проведенного анкетирования среди студентов заочной формы получения образования показали 71% удовлетворенности (средняя степень удовлетворенности). Высокий процент удовлетворенности (77—81%) по показателям: организация контроля и оценки знаний; организация лабораторно-экзаменационной сессии; качество теоретической подготовки; качество преподавания дисциплин. Отрицательные моменты (низкая степень удовлетворенности — 44—53%): качество вай-фай в корпусах; рассылка на почтовые отделения; рас-

ссылка по персональной электронной почте; общее собрание студентов; организация дней заочника по субботам. Замечания и пожелания, высказанные студентами-заочниками: «заблаговременно информировать о расписании занятий»; «оперативно обновлять сайты кафедр»; «размещать вопросы к зачетам и экзаменам на сайте факультета»; «больше практических занятий в специализированных аудиториях»; «проводить занятия в одном учебном корпусе».

Удовлетворенность руководителей предприятий и организаций составила 69% (средняя степень удовлетворенности). Работодатели высоко оценили качество образования в университете (85%); готовность университета к сотрудничеству (88%); уровень теоретической подготовки студентов (83%); уровень владения ИКТ (84%). Низкая удовлетворенность: сайты факультета (49%); личное общение с деканом факультета (28%), с заместителем декана (27%), с заведующими кафедрами (27%), с руководителем практики (30%). Замечания и предложения: «не хватает психологической подготовки, направленной на преодоление стрессовых ситуаций»; «больше уделять внимания качеству прохождения практики студентами»; «больше практических занятий по специальности».

Результаты проведенного анкетирования среди молодых специалистов показали, что удовлетворенность составила 72% (средняя степень удовлетворенности); удовлетворенность теоретической подготовкой по специальности — 82%; удовлетворенность умением постоянно совершенствоваться, постоянно пополнять знания — 85%; удовлетворенность приобретенными навыками планирования, организации, управления и оценки своей работы — 80%. Низкая удовлетворенность: участие в мероприятиях факультета/университета (21%); общение с преподавателями (50%); общение с выпускниками прошлых лет (55%). Замечания и предложения: «больше практической подготовки в обучении»; «больше говорить студентам об особенностях их будущей работы, заполнение документации»; «больше встреч с практикующими специалистами, посещение будущих мест работы, приобретение нового оборудования».

Согласно целям деятельности факультета в области качества по обеспечению удовлетворенности внутренних и внешних потребителей запланирована удовлетворенность студентов дневной формы получения образования не менее 60%; удовлетворенность студентов заочной формы получения образования — не менее 60%; удовлетворенность молодых специалистов — не менее 65%, удовлетворенность нанимателей — не менее 65%.

Заключение. Целевые показатели по обеспечению удовлетворенности внутренних и внешних потребителей выполнены. По вопросам анкет, где неудовлетворенность составила менее 60%, необходимо разработать план корректирующих и предупреждающих действий.

Список цитируемых источников

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года / Национальная комиссия по устойчивому развитию Респ. Беларусь ; редкол.: Я. М. Александрович [и др.]. — Минск : Юнипак, 2004. — 200 с.
2. Черная, Ю. А. Оценка эффективности вуза в связи с внедрением критериев оценки качества образовательных услуг / Ю. А. Черная [Электронный ресурс] // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 12-9. — С. 1999—2002. — Режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36478>. — Дата доступа: 14.10.2017.
3. Оценка качества образования: кто, как, когда и для чего может и должен его оценивать? / Е. А. Ровба [и др.] // *Выш. шк.* — 2015. — № 2. — С. 13—17.

УДК 535.52

Г. В. Качкар

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ФОТОУПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОЛЕКУЛ

Введение. Фотоуправление движением молекул относится к молекулярным нанотехнологиям нижнего уровня (так называемые bottom-up-технологии). В рамках этого подхода успешно развиваются несколько направлений: управляемый синтез сложных структур из молекул ДНК и РНК; «сборка» пространственных конструкций из нанотрубок и присоединяемых к ним фуллеренов и других структур; а также синтез органических стереомолекул, которые впоследствии могут служить деталями для наноустройств. В этом направлении уже получены некоторые практические результаты.

Основная часть. Идея предлагаемого способа перемещения молекул проста. В его основе лежит уже относительно давно известное явление фотополяризации с внутримолекулярным переносом заряда (ВПЗ), т. е. перераспределение электрического заряда между частями одной молекулы (отдельными атомами или атомными группировками). В результате перехода электрона при оптическом возбуждении с орбиталей одной локальной системы, выступающей в роли донора, на орбитали другой системы (группировки), играющей роль акцептора, осуществляется перенос заряда [3, с. 16, 84, 79].

Как правило, в роли доноров электронов могут выступать группы $-\text{NH}_2$, $-\text{NH}-$, $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$, а в роли акцепторов группы $-\text{CO}-$, $-\text{CH}_2\text{CO}$, $-\text{COOR}$, $-\text{CN}$, $-\text{Cl}$, $=\text{S}$, $-\text{SH}$ и некоторые другие, связанные либо непосредственно с соседними атомами углерода, либо через цепочку π -связей. Для многих отдельных молекул, содержащих соответствующие группы атомов, частоты поглощения связанные с ВПЗ, установлены экспериментально, но при соединении таких групп в одну длинную молекулу неизбежно возникнет сложное взаимное влияние соседних группировок, которое может значительно изменить положение и интенсивность всех полос поглощения. Тем не менее можно сделать некоторые предположения о том, какой должна быть структура молекул, гипотетически способных проявлять нужные нам свойства. Очевидно, что молекулярные структуры с требуемыми свойствами могут существовать [1].

Для реализации предлагаемого способа перемещения необходимо, чтобы линейная молекула содержала не менее трёх оптически активных участков, поляризация которых может существенно изменяться при поглощении световых квантов различной частоты. Будем пока предполагать, что молекула свободно плавает в полярном растворителе с не очень большой молекулярной массой (хотя возможны и варианты, когда молекула находится на поверхности диэлектрика либо перемещается вдоль другой длинной молекулы или даже внутри другой молекулярной структуры, например цилиндрической спирали ДНК или нанотрубки).

При поглощении светового кванта соответствующей частоты электрон переходит в возбуждённое состояние и перемещается между соседними группировками атомов, что изменяет локальное распределение электрического заряда, усиливает поляризацию данной атомной группировки и, соответственно, вызывает изменение сил электростатического (диполь-дипольного) взаимодействия с молекулами окружения (полярного растворителя или поверхности диэлектрика). Если последовательно (через небольшие промежутки времени порядка 10^{-8} с) изменять поляризацию на нескольких соседних участках молекулы, то полярные молекулы растворителя станут увлекаться электростатическими силами вслед за последовательно возникающими участками с сильной поляризацией, таким образом постепенно перемещаясь вдоль молекулы на значительное расстояние, при этом создавая внешнюю силу, действующую на всю молекулу в целом и способную вызвать её направленное движение в противоположном направлении.

Для этого необходимо, чтобы расстояние между соседними оптически поляризуемыми группами было сравнимо с радиусом силовой «чувствительности» молекул растворителя. Кроме того, эффективность силового взаимодействия молекулы с окружением будет зависеть от размеров молекул растворителя, их формы, подвижности, количества полярных групп и степени их полярности. В простейшем случае эффект может проявляться, в принципе, в любом полярном растворителе с молекулами, сравнимыми по размеру с ароматическим ядром [2].

Один из вариантов использования простой молекулярной структуры, на основе которой можно создать различные устройства субмикронных размеров, в том числе мобильных роботов, — приводы и манипуляторы с точностью перемещений до 1 нм. Возможна линейная молекула, структура которой позволяла бы электрону при поглощении фотонов различной частоты последовательно переходить между соседними группами атомов и таким образом перемещаться вдоль молекулы за каждый шаг на расстояние порядка 1 нм. Некоторые переходы в этой последовательности могут быть энергетически выгодными и осуществляться самопроизвольно.

Если такую молекулу через небольшие интервалы времени (порядка 10^{-8} с) поочерёдно освещать вспышками света соответствующих частот, то это может вызвать направленный дрейф электронов вдоль неё. В результате возникнет направленное перемещение избыточных зарядов, и силы электростатического взаимодействия будут увлекать полярные молекулы внешней среды вдоль молекулы, создавая общую действующую на неё силу. Если молекула имеет форму прямой нити, то её достаточно будет поместить в вязкую жидкость, состоящую из не очень больших полярных молекул, или на диэлектрическую поверхность — при освещении чередующимися световыми импульсами с разной частотой молекула поползёт в нужном нам направлении.

Необходимо учесть, что соседние атомные группировки в молекуле должны быть согласованы по энергии возбуждённых состояний таким образом, чтобы избыточный электрон мог поочерёдно находиться в каждой из них, переходя от одной к другой при поглощении светового кванта соответствующей частоты.

Сам по себе такой многоступенчатый переход электрона в молекуле (с чередованием вынужденных и самопроизвольных переходов) не является невозможным. Однако существенная трудность при выборе подходящей структуры состоит в том, что для эффективного перехода электрона между атомными группировками они должны располагаться достаточно близко (не более 0,7 нм) либо быть сопряжёнными цепочкой π -связей.

Перемещение электрона вдоль молекулы потребует на каждом шаге поглощения кванта определённой частоты с последующим рассеиванием энергии возбуждения по другим каналам. Для управления перемещением необходимы три импульсных лазера с длительностью импульса 10^{-8} с, так как процессы релаксации электронных состояний протекают достаточно быстро. Причём импульсы разных частот должны быть синхронизированы в нужном порядке.

Кроме того, при определении электронных уровней в молекуле надо учитывать дополнительную поляризацию и соответствующее изменение энергетических уровней под влиянием взаимодействия с молекулами внешней среды, особенно если это полярный растворитель.

Полярные растворители могут сильно изменять (как правило, снижать) частоты поглощения для молекул, проявляющих значительное изменение дипольных моментов при оптическом возбуждении. Причём этот фактор может зависеть от температуры, параметров среды и состояния взаимодействия молекулы с окружением.

Заключение. Фотополяризация с внутримолекулярным переносом заряда является довольно распространённым явлением, и как только будут найдены или синтезированы молекулы с подходящими свойствами, такая технология станет дешёвой и общедоступной. Её главным достоинством является наличие универсального переносчика управляющих сигналов — светового излучения, которое может генерироваться макрообъектами и непосредственно воздействовать на целевой нанообъект. Причём точная фокусировка излучения на нанообъекте не требуется — избирательность воздействия именно на целевой управляемый объект достигается соответствием частоты лазерного излучения, а в случае более сложных объектов и структур выбор индивидуального элемента для управления может осуществляться подачей определённой кодовой последовательности импульсов, избирательно блокирующей или деблокирующей целевую группу структурных элементов.

В последние 5 лет резко возросло количество сообщений об успехах в этой области, что, по-видимому, говорит об активизации исследовательской работы и скором достижении промышленного уровня разработок. Уже создано достаточно много различных молекулярных конструкций, в том числе различные механические элементы, подшипники, активные и пассивные роторы, переключатели, челноки.

Оптически управляемые молекулы могут служить эффективным и удобным инструментом для проникновения на самый нижний уровень организации вещества вплоть до уровня отдельных атомов и их состояний.

Список цитируемых источников

1. Попов, В. Ю. ДНК наномеханические роботы и вычислительные устройства / В. Ю. Попов // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. — 210 с.
2. Элементарный учебник физики : в 3 т. / под ред. Г. С. Ландсберга. — М. : ШРАЙК, 1995. — Т. 2 : Электричество и магнетизм. — 527 с.
3. Бахшиев, Н. Г. Введение в молекулярную спектроскопию. — 2-е изд. — СПб. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. — 216 с.

УДК 681.3

А. Е. Люлькин, кандидат технических наук, доцент
Белорусский государственный университет, Минск

ЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ НА ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНОМ УРОВНЕ

Введение. К настоящему времени разработаны различные методы и алгоритмы логического моделирования дискретных устройств (ДУ), заданных как на уровне функциональных элементов, так и на переключательном уровне (уровень транзисторов). Необходимость рассмотрения ДУ, реализованных в виде комплементарных металлооксидных полупроводников — КМОП-структур, на переключательном уровне обусловлена как особенностями тестового диагностирования таких устройств (многие характерные для КМОП-структур неисправности нельзя эффективно описать моделью константных неисправностей на уровне логических элементов), так и тем, что достаточно часто принципиальные КМОП-схемы содержат фрагменты, которые не удается представить на уровне логических элементов. Это привело к достаточно интенсивному развитию методов логического моделирования КМОП-структур на переключательном уровне [1; 2]. В то же время постоянное развитие и совершенствование методов моделирования ДУ требует непрерывной модернизации программных средств моделирования. Расширение возможностей программных средств моделирования является достаточно сложной и трудоемкой задачей, особенно если в системе моделирования используются различные модели элементов. В значительной степени указанную проблему помогает преодолеть логическое программирование, позволяющее в рамках одного формального языка (исчисление предикатов) описывать различные модели (булевы функции, заданные в виде таблиц истинности, интервальной формы, аналитического представления; конечные автоматы (как абстрактные, так и структурные); граф-схемы алгоритмов и др.). Однако в этом случае возникает проблема формального описания исследуемого объекта и решаемой задачи с помощью некоторого множества предикатов. В настоящей работе строится предикатное описание КМОП-структуры на переключательном уровне, позволяющее выполнить моделирование в предположении единичных задержек элементов структур.

Основная часть. Пусть переменные x_1, \dots, x_n описывают значения сигналов на входах переключательной КМОП-структуры, а переменные y_1, \dots, y_m — значения сигналов во всех остальных узлах схемы (под узлами понимаются совокупности эквипотенциальных связей, т. е. связей непосредственно соединенных между собой). Моделирование будем выполнять в алфавите $V_7 = \{0, 1, u, 0', 1', u', z\}$, где u — неопределенное значение сигнала; $0', 1', u'$ — емкостные сигналы 0, 1 и неопределенное значение (в отличие от сигналов 0, 1 и u , которые поддерживаются источниками сигналов); z — состояние высокого импеданса, возникающее, когда узел в течение достаточно длительного промежутка времени оказывается изолированным от источников сигналов. Моделирование в 7-значном алфавите, позволяющем учесть емкостные свойства КМОП-структур, дает возможность значительно повысить точность моделирования.

Основными элементами КМОП-структуры являются транзисторы n - и p -типа, играющие роль ключей с прямым и инверсным управлением, а также соединения нескольких проводников [1; 2]. В качестве моделей перечисленных элементов переключательной структуры будем использовать функции многозначной логики, заданные в виде таблиц истинности в алфавите V_7 . Пусть g и s — переменные, описывающие сигналы в узлах, к которым подключены затвор и исток транзистора соответственно; v_d — вспомогательная переменная, описывающая новое значение сигнала на стоке транзистора в результате его функционирования (отметим, что исток и сток в транзисторе могут меняться местами, что позволяет использовать те же таблицы для вычисления нового значения сигнала v_s на другом информационном полюсе транзистора, используя значения сигналов на затворе (g) и в узле, к которому подключен полюс транзистора, который теперь выступает в качестве истока (d); v_1 и v_2 — переменные, описывающие сигналы, поступающие (на примере двух сигналов); y — результирующий сигнал в узле. Если в узел поступают сигналы v_1, \dots, v_n , то результирующий сигнал y можно представить как последовательное объединение двух сигналов: $y_1 = v_1 \# v_2, y_2 = y_1 \# v_3, \dots, y = y_{n-2} \# v_n$; символ $\#$ обозначает операцию, реализуемую соединением [1].

Пусть задано начальное состояние входов схемы $X_1 = (x_1^1, \dots, x_n^1)$ и остальных узлов $Y_1 = (y_1^1, \dots, y_m^1)$. Если это состояние неизвестно, то $x_i^1 = u^1, i = \overline{1, n}$ и $y_j^1 = u^1, j = \overline{1, m}$. Пусть также $X_2 = (x_1^2, \dots, x_n^2)$ — некоторый входной набор. Требуется найти конечное состояние $Y_2 = (y_1^2, \dots, y_m^2)$ всех узлов схемы после применения набора X_2 .

Поставленную задачу можно решить с помощью логического моделирования схемы на заданном входном наборе. Под асинхронным моделированием с единичными задержками элементов понимается следующий процесс вычисления значений сигналов в узлах схемы. Находим значения сигналов $Y_{1,1} = (y_1^{1,1}, \dots, y_m^{1,1})$ во всех узлах схемы путем вычисления значений сигналов на выходных полюсах элементов по значениям сигналов на входах, которые определяются векторами X_2 и Y_1 (такой процесс называется итерацией). Далее выполняется сравнение векторов Y_1 и $Y_{1,1}$. Если они совпадают, то процесс заканчивается и $Y_2 = Y_{1,1}$. В противном случае процесс продолжается, но в качестве предыдущего состояния используются векторы X_2 и $Y_{1,1}$ и т.д. Процесс вычислений завершается также и в том случае, если не встретились две соседние итерации, для которых $Y_{1,i} = Y_{1,i+1}$, но достигнуто некоторое заданное число K , определяющее максимальное число итераций.

Предикатное описание логического моделирования на переключательном уровне. Под конечным предикатом $P(x_1, \dots, x_n)$ будем понимать функцию с областью значений $\{1, 0\}$ (или «истина» и «ложь» соответственно), а области значений аргументов представляют конечные множества X_1, \dots, X_n , где $x_i \in X_i, i = \overline{1, n}$.

Рассмотрим предикатное описание переключательной КМОП-структуры, которое может быть использовано для реализации асинхронного моделирования с единичными задержками транзисторов. Для описания функционирования транзистора n -типа будем использовать следующий предикат:

$$P_1(g, s, d, v_s, v_d) = \begin{cases} 1, & \text{если } v_d = f_1(g, s), v_s = f_1(g, d); \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь $f_1(g, s)$ — функция, реализуемая транзистором n -типа, т. е. описывающая новое значение сигнала v_d на информационном полюсе транзистора, если известны значения сигналов в узлах, к которым подключены затвор (переменная g) и другой информационный полюс транзистора (переменная s).

Аналогично транзистор p -типа может быть описан предикатом

$$P_2(g, s, d, v_s, v_d) = \begin{cases} 1, & \text{если } v_d = f_2(g, s), v_s = f_2(g, d); \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь $f_2(g, s)$ — функция, реализуемая транзистором p -типа.

Для описания функции, реализуемой в узле, в который поступают сигналы, описываемые переменными v_1 и v_2 (функция соединения), будем использовать предикат

$$P_3(v_1, v_2, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } y = f_3(v_1, v_2); \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь $f_3(v_1, v_2)$ — функция соединения. Если в узел поступает более двух сигналов, то, как отмечалось выше, результирующий сигнал может быть найден путем последовательного объединения сигналов по два каждый раз. Соответствующий предикат $P_3(v_1, \dots, v_n, y)$ может быть выражен через предикат P_3 :

$$P_3(v_1, \dots, v_n, y) = P_3(v_1, v_2, y_1) \& P_3(y_1, v_3, y_2) \& \dots \& P_3(y_{n-3}, v_{n-1}, y_{n-2}) \& P_3(y_{n-2}, v_n, y).$$

Здесь y_1, \dots, y_{n-2} — вспомогательные переменные.

Для описания одной итерации при асинхронном моделировании можно использовать следующий предикат:

$$P_4(x_1, \dots, x_n, y_1^i, \dots, y_m^i, y_1^{i+1}, \dots, y_m^{i+1}) = \begin{cases} 1, & \text{если } v_d^r = f_{\alpha_r}(g_r, s_r), v_s^r = f_{\alpha_r}(g_r, d_r), r = \overline{1, w}; \\ & y_j^{i+1} = f_3(v_1^j, \dots, v_{l_j}^j, y_{j,e}^i), j = \overline{1, m}; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь y_1^i, \dots, y_m^i — значения сигналов в узлах схемы перед $(i+1)$ -й итерацией; $y_1^{i+1}, \dots, y_m^{i+1}$ — значения сигналов после $(i+1)$ -й итерации; $f_{\alpha_r}(g_r, s_r)$ — функция, реализуемая r -м транзистором ($\alpha_r \in \{1, 2\}$); $g_r, s_r, d_r \in \{y_1^i, \dots, y_m^i\}$ — описывают сигналы в узлах, к которым подключены полюсы r -го транзистора, полученные на предыдущей итерации; v_s^r, v_d^r — вспомогательные переменные, описывающие новые значения сигналов на информационных полюсах транзистора; w — число транзисторов в схеме; $v_1^j, \dots, v_{l_j}^j$ — переменные, описывающие сигналы, поступающие в j -й узел; $y_{j,e}^i$ — переменная, описывающая сигнал в j -м узле перед $(i+1)$ -й итерацией, преобразованный к емкостному виду.

Легко видеть, что предикат $P_4(\dots)$ может быть представлен через предикаты, описывающие основные элементы переключающей КМОП-структуры.

Заключение. Представленные в настоящей работе предикатные описания КМОП-структур, заданных на переключательном уровне, позволяют выполнить их асинхронное моделирование с учетом единичных задержек транзисторов. Данные описания были экспериментально проверены на ряде примеров с использованием системы программирования Visual Prolog. Полученные предикатные описания КМОП-структур сравнимы по сложности с их традиционными структурными описаниями на переключательном уровне в системах логического моделирования.

Список цитируемых источников

1. Хейес, Дж. П. Обобщенная теория переключающих схем и ее применение при проектировании СБИС / Дж. П. Хейес // ТИИЭР. — 1982. — Т. 70. — № 10.
2. Люлькин, А. Е. Моделирование и построение тестов дискретных устройств на основе методов искусственного интеллекта / А. Е. Люлькин // Автоматика и вычислительная техника. — 1995. — № 6. — С. 36—44.

УДК 372.8

Ю. Ф. Мирошникова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ СТУДЕНТОВ ПО МАТЕМАТИКЕ

Введение. В современной системе образования основными задачами являются повышение качества усвоения студентами учебного материала, систематизация учебно-познавательной деятельности студентов, обеспечение объективности итоговой оценки их учебных достижений. Поэтому многие учреждения высшего образования нашей республики используют рейтинговую систему оценки учебных достижений студентов, и довольно часто перед преподавателем стоит задача повышения объективности оценки результатов учебной деятельности на практических занятиях и правильной организации текущего контроля знаний, умений и навыков студентов.

Основная часть. Рейтинговая система оценки знаний и умений студентов представляет собой интегральную оценку результатов всех видов деятельности студента за семестр. На основании рейтинговой системы итоговая отметка на экзамене выставляется на основе отметки промежуточного контроля и экзаменационной отметки с учётом их весовых коэффициентов, определяемых заранее, и правил математического округления. Как правило, весовой коэффициент отметки промежуточного контроля выше, чем экзаменационной отметки. Поэтому студенты заинтересованы в получении наивысшей отметки промежуточного контроля.

Промежуточный контроль по математике осуществляется на практических занятиях, при проверке контрольных, самостоятельных работ, тестов, коллоквиумов и в рамках управляемой самостоятельной работы по 10-балльной системе оценки учебной деятельности студентов. С помощью контрольных, самостоятельных и проверочных работ, тестов, коллоквиумов и при организации управляемой самостоятельной работы осуществляется тематический контроль учебных достижений студентов. Текущий контроль позволяет осуществить проверку усвоения теоретического материала, практических умений и навыков регулярно на протяжении всего семестра на каждом занятии. Ведущей задачей текущего контроля является регулярное управление учебной деятельностью студентов и ее корректировка. Текущий контроль позволяет получать непрерывную информацию о качестве усвоения учебного материала и на основе этого оперативно вносить изменения в учебный процесс. Другими важными задачами текущего контроля является стимуляция

регулярной, напряженной и целенаправленной работы студентов, активизация их познавательной деятельности; определение уровня овладения студентами умениями самостоятельной работы, создание условий для их формирования. Необходимость правильной организации текущего контроля позволит максимально выполнить перечисленные задачи и объективно оценить результаты учебной деятельности студентов.

Текущий контроль по математике на практических занятиях может включать в себя устный опрос по теоретическому материалу, математический диктант, проверку домашних заданий, выполнение заданий у доски, решение однотипных задач на местах, решение задач на скорость, решение задач повышенной сложности и др. При планировании практического занятия преподаватель должен включить в него нужные формы контроля и распределить их баллы (весовые коэффициенты) так, чтобы у студента была возможность набрать максимальное количество баллов и получить отметку 10. Отметка при такой организации практического занятия является «накопительной», так как за каждый вид деятельности студент получает определённое количество баллов, суммируемых в конце занятия. В качестве примера формирования «накопительной» отметки и распределения весовых коэффициентов (баллов) организуем практическое занятие по теме «Решение систем линейных уравнений» (таблица 1). В него включены следующие формы контроля и виды деятельности: устный опрос по теоретическому материалу, проверка домашнего задания, решение задачи у доски, решение однотипных задач, решение усложнённой задачи, решение задачи повышенной сложности. Преподаватель фиксирует результаты всех студентов на протяжении всего занятия на каждом его этапе, результаты работы каждого студента не остаются незамеченными.

Т а б л и ц а 1 — Весовые коэффициенты форм контроля

Форма контроля	Выполнение	Весовой коэффициент
Устный опрос по теоретическому материалу	Верный ответ	+2
	Неверный ответ	-2
Проверка домашнего задания	Правильно выполненное	+2
	Допущены незначительные ошибки	+1
	Не выполнено	-2
Решение задачи у доски	Правильно выполненное	+3
	Допущены незначительные ошибки	+1
	Не выполнено	0
Решение однотипной задачи	Правильно выполненное	+1
	Не выполнено	0
Решение усложнённой задачи	Правильно выполненное	+2
	Допущены незначительные ошибки	+1
	Не выполнено	0
Решение задачи повышенной сложности	Правильно выполненное	+3
	Допущены незначительные ошибки	+1
	Не выполнено	0

При такой текущей оценке учебных достижений студенты очень активны, так как заинтересованы в максимальном наборе баллов и получении максимальной отметки; стремятся к изучению теоретического материала и выполнению домашнего задания, так как за невыполнение получают отрицательное количество баллов; вырабатывают скорость при решении задач, каждый студент на каждом занятии получает отметку, которая является «обратной» связью между преподавателем и студентом. Преподаватель на каждом практическом занятии имеет представление об уровне усвоения материала студентами всей группы, что позволит правильно подкорректировать учебный процесс.

Заключение. Текущий контроль на практических занятиях, организованный по системе «накопительной» оценки, имеет положительные стороны как для студента, так и для преподавателя и учебного процесса в целом. Она может быть применена и для оценки знаний, умений и навыков по другим учебным дисциплинам с внесением некоторых коррективов в соответствии с их спецификой организации занятий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ В ДЕФОРМИРУЕМЫХ ИЗДЕЛИЯХ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS

Введение. CAE-системы (CAE — Computer Aids Engineering) инженерного анализа (ABAQUS, ANSYS, COSMOS, I-DEAS, NASTRAN и др.) позволяют выполнять качественное моделирование систем различной физической природы, а также исследовать отклик этих систем на внешние воздействия. Одним из самых распространенных таких комплексов сегодня является программа ANSYS, использующая метод конечных элементов.

Основная часть. Возможность моделировать тепловыделение при деформировании предусмотрена в ANSYS в конструкции следующих элементов: PLANE223, SOLID226, SOLID227. При решении упругопластических задач вычисляются значения для каждого узла элемента, что требует значительных временных ресурсов. Для увеличения скорости расчета связанных задач в ANSYS предусмотрено уменьшение количества точек интегрирования в настройках элемента (KEYOPT(6) = 1).

При расчете пластического тепловыделения используется плотность теплового потока в пластической стадии, определяемая формулой $\dot{Q}^p = \beta \dot{W}^p$, где β — доля пластической работы \dot{W}^p , преобразуемая в тепло, известная как коэффициент Тэйлора—Квинни, и определяемая выражением $\dot{W}^p = \{\sigma\}^T \{\dot{\epsilon}^p\}$, а векторы $\{\sigma\} = \{\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \sigma_{xy}, \sigma_{yz}, \sigma_{xz}\}^T$; $\{\dot{\epsilon}^p\} = \{\dot{\epsilon}_x^p, \dot{\epsilon}_y^p, \dot{\epsilon}_z^p, \dot{\epsilon}_{xy}^p, \dot{\epsilon}_{yz}^p, \dot{\epsilon}_{xz}^p\}^T$, где $\{\sigma\}$ — вектор напряжений, $\{\dot{\epsilon}^p\}$ — вектор скорости пластических деформаций.

Связанное уравнение движения и уравнение сохранения теплового баланса в матричном виде представляется

$$\begin{bmatrix} [M] & [0] \\ [0] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\ddot{u}\} \\ \{\dot{T}\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [C] & [0] \\ [0] & [C^t] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\dot{u}\} \\ \{\dot{T}\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [K] & [0] \\ [0] & [K^t] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\} \\ \{Q\} + \{Q^p\} \end{Bmatrix},$$

где $[M]$ — матрица масс конечного элемента; $[C]$ — матрица демпфирования; $[K]$ — матрица жесткости элемента; $\{u\}$ — вектор перемещений; $\{F\}$ — сумма сил в узлах элемента и давления приложенного к элементу; $[C^t]$ — тепловая матрица указанного элемента; $[K^t]$ — матрица конвекционного рассеивания элемента; $\{T\}$ — вектор узловых температур; $\{Q\}$ — глобальный вектор тепловых потоков элемента; $\{Q^p\} = \int_V \dot{Q}_n^p \{N\} dV$ \dot{Q}^p — изменение плотности пластического тепла элемента за шаг n , рассчитываемое с помощью ANSYS; а $\{N\}$ — функция формы элемента.

Для построения твердотельных моделей изделий можно использовать программу геометрического моделирования SolidWorks. Выполненные модели сохраняются в формате «.x_t» (формат Parasolid), который впоследствии используется для импорта сторонней геометрии в ANSYS.

При создании конечно-элементной сетки в препроцессорной подготовке с использованием функции автоматического разбиения могут возникать ошибки. Для их минимизации необходимо оптимально выбрать форму элемента, его размеры. В местах значительных градиентов напряжений при необходимости производят измельчение сетки, избегая при этом элементов с очень острыми углами в вершине. Также на ход решения влияет правильность задания нагрузок, граничных условий и других факторов. В процессе расчетов используется критерий (теория) прочности Губера—Мизеса, который позволяет достаточно точно прогнозировать появление стадии пластичности для упругопластического моделирования и удовлетворительно отображает предельное состояние пластичных сталей.

Расчет выполняется с использованием истинной диаграммы растяжения материала, учитывающей уменьшение поперечного сечения в процессе нагружения образца. Программа ANSYS позволяет учитывать большие деформации при нелинейном поведении материалов.

Зависимость между изменениями абсолютной температуры материала ΔT при упругой его работе и характеристиками напряженно-деформированного состояния (σ_{ij} , ϵ_{ij}) представляется выражением

$$\Delta T = -\frac{\alpha_L}{\rho C_p} T \sum_{i=1,2,3} \sigma_{ii}. \quad (1)$$

Обозначая в выражении (1) дробь $\frac{\alpha_L}{\rho C_p}$ через K_m , получаем

$$\Delta T = -K_m T \Delta \sigma. \quad (2)$$

Для стали Ст3 при комнатной температуре $K_m = 3,09 \cdot 10^{-12} \text{ Па}^{-1}$. Выражение (2) справедливо при адиабатическом нагружении в упругой стадии деформирования однородных изотропных материалов при абсолютной температуре T (в градусах Кельвина). При работе стали в пластической стадии повышение температуры (ΔT) в исследуемой точке K можно определить по формуле (с использованием ANSYS)

$$\Delta T = \beta \cdot W^p / (C\rho), \quad (3)$$

где ΔT — изменение температуры; β — коэффициент Тэйлора—Квинни (принят 0,9); W^p — величина пластической работы в единице объема; C — удельная теплоемкость стали; ρ — плотность материала.

С использованием формулы (3) и предположении адиабатного процесса рассчитано изменение температуры в точке K опасного сечения при работе материала в стадиях пластической и самоупрочнения (рисунок 1). Снижение температуры стали для той же точки при ее упругом деформировании можно рассчитать с использованием формулы (1). При величине первого инварианта тензора напряжения, превышающей 500 МПа, охлаждение стали может произойти более чем на градус.

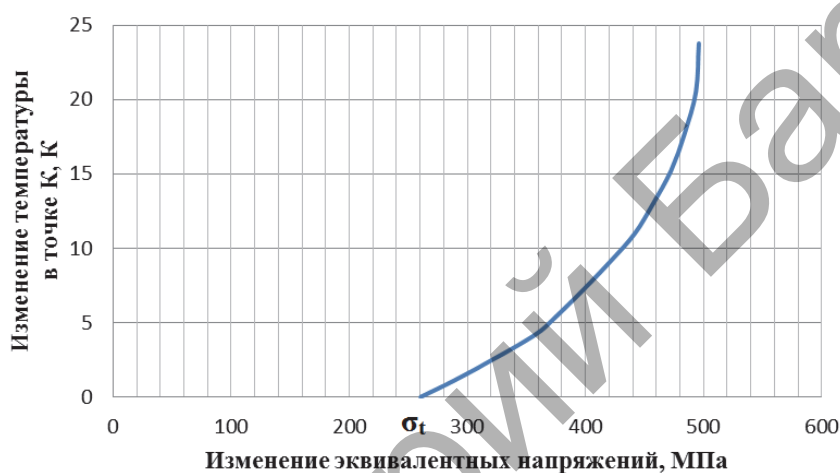


Рисунок 1 — Повышение температуры ΔT при изменении эквивалентных напряжений в этой же точке выше предела текучести материала

Заключение. Многоцелевая направленность программы ANSYS, независимость от аппаратных средств (от персональных компьютеров до рабочих станций и суперкомпьютеров), средства геометрического моделирования на базе B -сплайнов, полная совместимость с CAD/CAM/CAE-системами ведущих производителей и «дружеский» интерфейс привели к тому, что ANSYS используется во многих университетах для обучения студентов и выполнения научно-исследовательских работ.

В технологических приложениях ANSYS позволяет выполнять расчеты конструкций практически любой сложности в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, включая монтажные нагрузки, температурные деформации, гидравлический удар, связанные тепломеханические задачи и др., не учитываемые при расчетах по существующим методикам, которые оказывают влияние на НДС деталей и на прочностную надежность изделий в целом.

УДК 535.21

Е. А. Мойсейчик, кандидат технических наук, доцент
Белорусский национальный технический университет, Минск

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

Введение. Измерение температуры поверхности твердого тела I компьютерной термографической системой 4 основывается на исследовании его собственного инфракрасного излучения и производится дистанционно, в соответствии со схемой (рисунок 1). Электрический сигнал, фиксируемый преобразователем термогра-

фической системы 4 пропорционален суммарному потоку излучения Φ , падающему на преобразователь: $\Phi = \Phi_1 + \Phi_{23} + \Phi_4$. Слагаемые $\Phi_1, \Phi_{23}, \Phi_4$, соответственно, равны потоку излучения с контролируемой поверхности элемента 1; потоку фоновой засветки посторонними тепловыми излучателями 2, 3; потоку собственного излучения термографической системы 4. Поток Φ_4 стабилизируется разработчиками термографической системы 4. Поэтому возможные погрешности при измерении этим способом температуры тел определяются ходом собственного излучения поверхности, фиксируемые по изменению суммарного коэффициента излучения, и фоновые помехи. Точность измерения температуры контролируемой поверхности элемента, расположенного в воздушной среде, по инфракрасному излучению зависит от черноты излучения, фоновой засветки, поглощения инфракрасного излучения в воздухе, его ослабления оптической системой и чувствительности приемников излучения выбранной термографической системы. Рассмотрим влияние названных факторов на процесс измерения температуры поверхности.

Основная часть. Коэффициент теплового излучения ε характеризуется отношением суммарного спектра излучения контролируемой поверхности к излучению абсолютно черного тела при заданной температуре. Коэффициент ε связан с коэффициентом отражения ρ зависимостью $\varepsilon + \rho = 1$, из которой следует, что при высоком коэффициенте отражения ($\rho \approx 1$) тепловизионные измерения температуры невозможны (без специальных мероприятий). Поэтому измерение температуры по инфракрасному излучению рекомендуется для неметаллов, черных металлов и сплавов, имеющих высокие коэффициенты излучения.

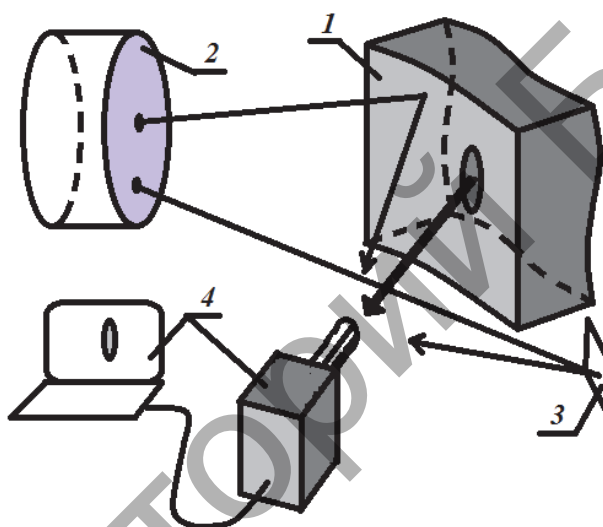


Рисунок 1 — Схема измерения температуры точек поверхности тела компьютерной термографической системой по инфракрасному излучению

Поверхность элементов стальных конструкций, как правило, покрыта окислами, антикоррозионными составами, слоем пыли, водяной пленкой и т. д. Коэффициенты теплового излучения защищенной такими слоями поверхности больше 0,5. При необходимости черноту поверхности контролируемых элементов можно существенно повысить нанесением тонких равномерных слоев технологических покрытий. Коэффициенты ε при этом можно поднять до 0,93...0,98. Основными компонентами воздушной среды, значительно поглощающими лучистую энергию инфракрасной части спектра, являются углекислый газ и водяной пар. В интервалах длин волн 1,0...1,1; 1,2...1,3; 1,6...1,75; 2,1...2,4; 9,0...11,0 мкм поглощение не превышает (20...30)%, а в интервале 3,5...4,2 мкм коэффициент пропускания достигает 90%. При измерениях с расстояния не больше 50 м измеряемая яркость объекта уменьшается не более чем на 0,5%.

Контролируемые элементы поверхности стальных конструкций могут иметь различную ориентацию относительно приемника теплового излучения термографической системы. Обычно стальные элементы находящихся в эксплуатации конструкций за счет естественных и технологических покрытий имеют коэффициенты излучения не ниже 0,70...0,98. Для таких поверхностей обеспечивается достаточно равномерная величина коэффициента излучения при произвольной ориентации излучающих поверхностей.

Фоновая подсветка может возникать от предметов, расположенных сбоку от контролируемого элемента (2, см. рисунок 1), и быть отраженной другими предметами (3, см. рисунок 1). Источники засветки (лампы, солнечное освещение, приборы отопления, нагретые элементы оборудования, люди и т. д.) вносят существенные погрешности в измеряемые величины температур. Так тепло, излучаемое человеком, находящимся на расстоянии (1...4) м от контролируемого элемента, вносит погрешность в тепловизионные измерения в пределах 0,4...6,7%, соответственно. Лампы накаливания, расположенные на таком же расстоянии, дают погрешность в 0,2...3,1%. При необходимости применяют ряд мер, позволяющих устранить

или снизить до приемлемых величин погрешности измерений от фоновой засветки (ограничение расстояний между контролируемым элементом и теплоизлучающими предметами, уменьшение отражения с контролируемой поверхности «чернением», использование экранов, выполнение измерений при отсутствии солнечного и другого теплового излучения).

Математическое выражение погрешности измерения температуры поверхности стальных элементов с использованием инфракрасного излучения вытекает из следующих соображений. В монохроматическом интервале длин волн от λ до $\lambda + \Delta\lambda$ величина плотности потока энергии черного тела с температурой T определяется законом Планка:

$$E_{\lambda}^0 = c_1 \cdot \lambda^{-5} \left(\exp \frac{c_2}{\lambda T} - 1 \right) \cdot d\lambda, \text{ Вт/м}^3, \quad (1)$$

где $c_1 = 3,7413 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$; $c_2 = 1,438 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{К}$.

Если $\exp \frac{c_2}{\lambda T} \gg 1$, то выражение (1) можно представить формулой Вина:

$$E_{\lambda}^0 = c_1 \cdot \lambda^{-5} \exp \frac{c_2}{\lambda T} \cdot d\lambda, \text{ Вт/м}^3. \quad (2)$$

Учитывая, что яркостную температуру $T_{\text{я}}$ серого тела ($\epsilon_{\lambda T} < 1$) определяют такой температурой T абсолютно черного тела ($\epsilon_{\lambda T} = 1$), при которой их яркости равны в условиях облучения обоих тел лучами с длиной волны λ , и используя формулу (2) для обоих тел, несложно получить выражение, связывающее яркостную ($T_{\text{я}}$) и действительную (T) температуры реального тела:

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{я}}} = \frac{\lambda}{c_2} \cdot \ln \epsilon_{\lambda T}. \quad (3)$$

Правая часть выражения (3) для реальных тел, у которых $\epsilon_{\lambda T} < 1$, будет всегда отрицательной. Поэтому действительная температура таких тел больше их яркостной температуры. Дифференцируя выражение (3), находим:

$$\Delta T \frac{\lambda}{c_2} \cdot T^2 \cdot \frac{\Delta \epsilon_{\lambda T}}{\epsilon_{\lambda T}}. \quad (4)$$

Из формулы (4) можно получить выражение для относительной ошибки определения действительной температуры реального тела:

$$\left| \frac{dT}{T} \right| = \frac{\lambda \cdot T}{c_2} \cdot \left(\frac{1 - \exp \frac{c_2}{\lambda \cdot T}}{\exp \frac{c_2}{\lambda \cdot T}} \right) \cdot \left(\left| \frac{dE_{\lambda T}}{E_{\lambda T}} \right| + \left| \frac{d\epsilon_{\lambda T}}{\epsilon_{\lambda T}} \right| \right). \quad (5)$$

Выражение (5) выявляет структуру относительной ошибки для действительной температуры T тела. Определить расчетным путем правую часть выражения (5) затруднительно из-за неопределенности относительных величин монохроматической плотности $\left(\frac{dE_{\lambda T}}{E_{\lambda T}} \right)$, излучательной способности $\left(\frac{d\epsilon_{\lambda T}}{\epsilon_{\lambda T}} \right)$ и их

изменений при нагружении стальных элементов выше предела текучести. На поверхности стального проката, в зонах дефектов разрушается и отслаивается окисная пленка и коэффициент излучения $\epsilon_{\lambda T}$ изменяется при дальнейшем развитии деформаций. Поэтому при измерениях температуры поверхностей с переменной излучательной способностью необходимо производить проверку точности с использованием тестовых объектов. В качестве тестовых объектов можно применить чистые вещества (металлы), температуры плавления которых хорошо известны. При измерениях температуры стальных поверхностей элементов по инфракрасному излучению повышения точности измерений можно добиться методом вычитания нулевого кадра или сравнением яркостной температуры с температурой тела в реперной зоне, определяемой контактным методом. Измерение комбинированным способом температур поверхности реперных зон показывает, что в лабораторных экспериментах погрешность измерения величин температур поверхности образцов по инфракрасному излучению не превышала $\pm 2,0^\circ$. В производственных условиях (при наличии неравномерного слоя пыли на поверхности стальных конструкций) погрешность возрастала до 7...10% от измеряемой величины. Тепловизор для конкретных измерений обычно выбирают, руководствуясь техническими данными прибора, приводимыми изготовителями (угол обзора по горизонтали и вертикали, частота кадров, диапазон измеряемых температур, возможности программного обеспечения и др.). Для измерений деформационной температуры стальных элементов следует учитывать при выборе требуемой частоты кадров время выравнивания температуры по

поперечному сечению контролируемого элемента. При толщинах стального проката 8...25 мм приемлемым является время формирования кадра термофильма в течение 0,5...2,0 с. Кроме этого, усилия в элементах стальных конструкций изменяются с конечной скоростью. Для стальных цилиндрических образцов показано, что адиабатичность процесса нагружения выполняется при скорости деформирования равной или выше $2,36 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Механические испытания стальных образцов в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 1497-84 проводятся со скоростью деформирования выше указанной, а элементы стальных конструктивных форм при их «квазистатической» работе имеют тот же порядок скорости нагружения.

Заключение. Учитывая вышеизложенные ограничения и рекомендации, можно обеспечить высокую точность измерения температуры поверхности изделий и с использованием требований стандартов или аттестованных методик выполнить диагностику работоспособности технических систем и изделий тепловым методом.

УДК 519.1

Ю. П. Нерода

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА МАТЕМАТИКИ

Введение. Как показывает практика, студенты сельскохозяйственных специальностей считают математику «ненужным» предметом, они не осознают цели изучения математики, и, как результат, у них слабо формируются знания, умения и навыки, позволяющие им свободно ориентироваться в конкретных заданиях, применять знания для решения задач, непосредственно связанных с их будущей профессиональной деятельностью. Целенаправленное внедрение профессионально ориентированных математических задач ведет к повышению качества математических знаний, повышению уровня обучаемости, мотивации к изучению математики, т. е. формирует профессиональную компетентность.

Основная часть. Приведем примеры профессионально ориентированных задач по некоторым темам, имеющих реальное, практическое содержание, раскрывающих практическую ценность и значимость приобретенных математических знаний.

Тема «Уравнения. Системы линейных уравнений».

Задача 1. Картофель посадили на двух участках: опытном и контрольном. Опытный участок больше контрольного на 20 га. С меньшего участка получили картофеля 24 т с 1 га, а с большего — 32 т с 1 га. Какова площадь каждого участка, если с обоих участков было собрано 3 160 т?

Задача 2. С 1 га подсолнечника можно получить масла, жмыхов и лузги 12,6 ц, причем масла на 0,2 ц больше, чем жмыхов, а лузги в 2,5 раза меньше, чем масла и жмыхов. Определить, сколько масла, жмыхов и лузги получают с 1 га.

Тема «Кривые второго порядка».

Задача 3. Средний урожай люцерны y в зависимости от глубины орошения x характеризуется уравнением $y = 0,0028x^2 + 0,253x + 3,52$, где x — в см, y — в ц/га. Постройте кривую урожайности на интервале $[0; 30]$. Определите по графику, при каких значениях x урожай будет наибольшим на заданном отрезке $[1]$.

Тема «Производная и дифференциал. Применение производной». Решение следующих задач подразумевает нахождение производной, исследование на экстремум, переход от математических результатов к языку задачи.

Задача 4. Требуется соорудить клумбу и огородить ее декоративным забором. Периметр клумбы должен равняться 6 м. Определить размеры клумбы, на забор для которой потребуется наименьшее количество материала.

Задача 5. Пастбищные водопоильные желоба для коров иногда устраивают из трех одинаковых досок, сбивая их под некоторым тупым углом величины α . Каким должен быть угол α , чтобы получился желоб наибольшей вместимости? (рисунок 1).

Тема «Дифференциальные уравнения». Дифференциальные уравнения имеют широкое применение при моделировании физических и биологических процессов. Студенты должны вспомнить физический смысл производной и применить его к решению задачи. При нахождении общего решения отрабатываются навыки интегрирования.

Задача 6. Составить дифференциальное уравнение, описывающее динамику прироста биомассы популяции кроликов, и найти его решение. Известна начальная биомасса популяции $m_0 = 35 \text{ кг}$ при $t = 0$, скорость прироста биомассы кроликов пропорциональна биомассе популяции с коэффициентом $k = \frac{3}{4 + 6t}$. Найти величину биомассы кроликов в момент времени

$T = 2$.

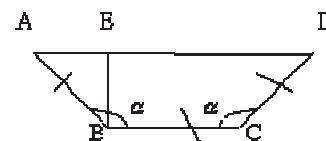


Рисунок 1 — Графическая интерпретация решения задачи с помощью производной

Тема «Приложения определённого интеграла». Раздел «Интегральное исчисление» является одним из самых сложных для изучения разделов математики. Это обусловлено сложностью самого материала, слабо сформированной школьной базой по данному вопросу. Применение определённого интеграла не ограничивается вычислением площади фигуры, объема тела. Определённый интеграл помогает решать ряд физических и общетехнических задач. С его помощью можно решать задачи о вычислении пути, о вычислении работы переменной силы и силы давления жидкости.

Задача 7. Плотина имеет форму трапеции, основания которой равны 400 и 100 м, а высота равна 20 м. Верхнее более длинное основание лежит на уровне свободной поверхности воды. Найти величину давления на плотину.

Задача 8. Сосуд, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, наполнен водой. Определить давление воды на боковую стенку сосуда, если его длина — 80 см, а высота — 40 см.

Тема «Теория вероятностей и математическая статистика». Пытаясь выявить закономерности в наблюдаемом явлении, его характерные особенности, специалист должен абстрагироваться от «помех», лишних, несущественных деталей. Перед ним стоит сложная задача разграничения случайных и неслучайных событий, систематизации зафиксированных данных, состоящих из огромного количества цифр. В решении таких задач первостепенное значение имеют знания теории вероятностей и математической статистики.

Задача 9. Вероятность получения нового сорта картофеля при скрещивании — 2%. Сколько особей нового сорта могут появиться из 15 000 семян?

Задача 10. На собрание работников предприятия собралось 25 человек. Для проведения собрания нужно выбрать председателя собрания и секретаря. Сколькими способами это можно сделать?

Задача 11. Для посева заготовлены семена 3 сортов пшеницы. Причем 50% всех семян — сорт Саратовская 70, 30% — Добрыня, 20% — Прохоровка. Вероятность того, что из зерна вырастет колос, содержащий не менее 25 зерен, для первого сорта равна 0,5, для второго — 0,3, для третьего — 0,2. Найти вероятность того, что наудачу взятое зерно даст колос, содержащий не менее 25 зерен.

Задача 12. При выращивании озимой ржи сорта Чулпан с применением почвозащитных технологий обработки почвы и средств химизации вероятность гибели более 92% всех сорняков равна 0,8. На опытном поле, разбитом на делянке, случайным образом выбрано 5 делянок. Найти вероятность того, что не менее чем на двух из них погибнет более 92% сорняков.

Задача 13. Случайная величина X — масса одного зерна — распределена нормально. Математическое ожидание массы зерна равно 0,18 г. Среднее квадратическое отклонение — 0,05. Хорошие всходы дают зерна, масса которых больше, чем 0,15 г. Найти: а) процент семян, которые дадут хорошие всходы; б) величину, которую с вероятностью 0,95 не превысит масса отобранного зерна [2].

Тема «Геометрический метод решения задач линейного программирования».

Задача 14. Хозяйству требуется приобрести два вида азотных удобрений: A — аммиачную селитру и B — сульфат аммония. Удобрения A необходимо иметь не более 15 т, а удобрения B — не более 10 т. Содержание действующего вещества для A и B равно 35 и 20% соответственно. Отпускная оптовая цена удобрения A и удобрения B — 53 и 35 тыс. р. за тонну соответственно. Хозяйство может выделить на приобретение удобрений 600 тыс. р. Сколько тонн каждого вида удобрений следует приобрести, чтобы общая масса действующего вещества была максимальной?

Заключение. Подчеркивание информации, необходимой в будущей профессиональной деятельности, активизирует действия студента, он понимает, что она дается ему не для общей эрудиции и как информация, которая может где-то пригодиться, а как нужная информация для совершения конкретных действий специалиста данного профиля. Задачи, предлагаемые студентам, по возможности должны показывать взаимосвязь дисциплин на конкретных примерах с практическим содержанием; решать ситуацию производства, сельского хозяйства, науки, техники; численные данные должны соответствовать действительности, быть сформулированы на доступном языке [4].

Список используемых источников

1. Сборник задач для учащихся учреждений начального профессионального образования сельскохозяйственного профиля [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nsportal.ru/npo-spo/estestvennye-nauki/library/2017/04/05/sbornik-zadach-dlya-uchashchihsya-uchrezhdeniy/>. — Дата доступа: 15.10.2017.
2. Прикладные задачи по математике в обучении студентов аграрных вузов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/62/9407/>. — Дата доступа: 15.10.2017.
3. Математические задачи как средство формирования профессиональной компетентности студентов агрономических специальностей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://dis.podelise.ru/text/index-57566.html/>. — Дата доступа: 15.10.2017.

ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ИЛИ-НЕ НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ

Введение. За последние десять лет в мире существенно возрос интерес к нанотехнологиям «нижнего уровня», реализуемым на уровне отдельных молекул и супрамолекулярных структур, в том числе к молекулярным машинам, как механическим, так и вычислительным [1]. В этой области получен ряд практических результатов [2—6], и можно ожидать появления работоспособных устройств в самом ближайшем будущем. В данной статье мы рассмотрим одну из возможностей создания молекулярной вычислительной машины.

Ранее в работах [7—9] мы предложили (только теоретически) возможный способ перемещения молекул со специальной структурой под действием светового излучения. Не касаясь здесь физических принципов управления движением, мы более подробно рассмотрим одну из возможностей применения таких молекул. В источнике [7] упоминалось, что данный принцип управления движением молекул можно применить в разных областях техники, в том числе для реализации различных элементов вычислительных устройств. В частности, с помощью единственной активной молекулы можно создать ячейку энергонезависимой памяти, в том числе с более чем двумя состояниями; логические элементы НЕ, ИЛИ-НЕ, И, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и ещё ряд более сложных функциональных ячеек, в том числе многопозиционные и многооперандные варианты ячеек И и ИЛИ-НЕ. Фактически речь идёт о создании «вычисляющей памяти».

Ввод исходной информации, её передача и считывание результата в таких вычислительных устройствах может осуществляться как на молекулярном уровне, так и с использованием наноразмерных электрических проводников. Вероятно, в реальных устройствах ввод и вывод информации или только вывод удобнее будет осуществлять с помощью микроструктурированных проводников, а сами вычисления, передачу и хранение промежуточных результатов производить на молекулярном уровне, за счёт изменения состояний или взаимного перемещения рабочих молекул. При этом активная молекулярная структура может быть связана с полупроводниковой подложкой, выполняющей вспомогательные функции.

Далее мы рассмотрим один вариант реализации на предложенной физической основе логического элемента ИЛИ-НЕ (в том числе многопозиционного, с числом входных операндов до нескольких десятков).

Основная часть. Рабочим органом молекулярной вычислительной или запоминающей ячейки является молекула, в простейшем случае линейная полимерная цепочка небольшой длины, структура которой позволяет ей перемещаться относительно внешней среды или субстрата при определённом внешнем воздействии, в данном случае при поглощении световых квантов определённой частоты. При этом внешнее воздействие, т. е. световое излучение, поставляющее энергию для перемещения молекул, не является точно направленным, поскольку световое поле невозможно локализовать в области с размерами менее нескольких десятых долей микрона, что много больше размера отдельной ячейки. Поглощение световых квантов может происходить одновременно в целом кластере близко расположенных вычислительных ячеек, и энергию для перемещения будут получать сразу многие молекулы, помимо целевой. Поэтому для того, чтобы осуществить выбор единственной молекулы и её перемещение, требуется не только подать световое излучение определённой частоты, но и оказать дополнительное локальное воздействие, позволяющее избирательно заблокировать либо разблокировать перемещение одной рабочей молекулы в нужной ячейке (либо в группе ячеек, выбранных по определённому признаку, например при выполнении параллельного процесса записи в массив запоминающих ячеек).

Есть несколько возможных способов селективного выбора отдельных рабочих молекул и индивидуального управления их перемещением, несмотря на то, что световое излучение будет воздействовать сразу на многие другие молекулы в достаточно большой области.

Например, рабочие молекулы могут иметь несколько стабильных состояний, в одном из которых будут перемещаться при поглощении световых квантов данной частоты, а в других нет. Избирательный перевод только нужных молекул в активное состояние может осуществляться либо кодовой последовательностью управляющих световых импульсов разной частоты, либо воздействием молекулярного окружения, изменяющего состояние целевой молекулы, либо сочетанием этих воздействий. По существу, в таком варианте ввод информации и сам процесс вычисления будут осуществляться в основном за счёт контактных взаимодействий между соседними молекулами, а внешнее световое излучение будет выполнять лишь функцию поставки энергии, необходимой для изменения состояний молекул, а также синхронизацию процессов.

Другим (возможно, более простым для реализации вариантом) является взаимодействие рабочей молекулы с твёрдым телом или жесткой супрамолекулярной структурой, выполняющей роль подложки, который может не только направлять движение рабочих молекул и фиксировать их положение, но и содержать проводники для ввода и вывода внешних электрических сигналов и вспомогательные структуры для изменения и считывания состояния рабочих молекул. Далее мы подробнее рассмотрим этот вариант.

Возможность реализации запоминающей ячейки. Наиболее простым вариантом является размещение линейной рабочей молекулы в узком канале подслоя, например, вытравленном в кристалле полупроводника, либо внутри нанотрубки подходящего диаметра, позволяющей молекуле ограниченно перемещаться в одном направлении (рисунок 1). Молекула получает энергию для перемещения за счёт поглощения светового кванта или серии квантов разной частоты. На концах рабочей молекулы должны находиться полярные группы атомов, поляризация которых должна быть достаточной, чтобы влиять на состояние других структур, расположенных на концах канала или нанотрубки, и таким образом передавать сигнал о текущем положении рабочей молекулы. Кроме того, эти полярные группы могут использоваться для временной фиксации положения рабочей молекулы между циклами перемещения, чтобы избежать её случайного теплового дрейфа. Такая структура уже может выполнять функцию запоминающей ячейки: в зависимости от внешних воздействий рабочая молекула может занимать различные положения и длительно сохранять их, а затем сигнал о положении молекулы, т. е. текущем состоянии ячейки, может быть передан внешнему устройству. При этом возможно многократное считывание состояния без его изменения, а также создание запоминающей ячейки с числом устойчивых состояний более двух.

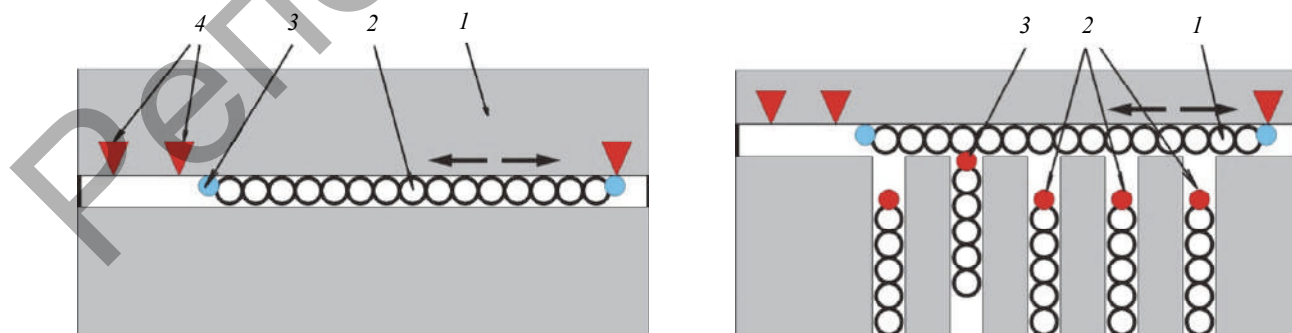
В случае полупроводникового подслоя полярная группа атомов на конце молекулы может непосредственно влиять на локальный электрический потенциал затвора миниатюрного полевого транзистора, который будет открываться при приближении молекулы к одному из концов канала в подложке, и таким образом реагировать на положение молекулы, осуществляя считывание состояния ячейки в виде электрического сигнала. Возможны и другие варианты, когда считывание состояния ячейки осуществляется другими молекулами, которые продолжают вычислительный процесс либо передают сигнал.

Управление записью для единственной ячейки можно осуществлять с помощью одного только внешнего светового излучения; но в случае большого массива расположенных рядом ячеек понадобится дополнительное воздействие для выбора отдельной ячейки, поскольку световое излучение не обладает достаточной пространственной локальностью. Выбор ячеек для активации, в том числе групповой, можно осуществлять несколькими способами, включающими различные комбинации оптических, электрических и молекулярных механизмов передачи сигналов. Наиболее рационально при этом вести запись сразу для целого кластера ячеек, в пределах которого можно локализовать световое поле.

Описанная здесь конструкция может использоваться для записи и хранения информации, в том числе более двух состояний на ячейку. Но кроме того при незначительных модификациях такая молекулярная машина может использоваться и для произвольных преобразований поступающих сигналов и хранимых данных, реализуя достаточно сложные логические функции за один рабочий цикл. По существу, это позволяет реализовать «вычисляющую память» с произвольной функциональностью.

Возможный вариант реализации логического элемента ИЛИ-НЕ. Возьмём описанную выше конструкцию — линейный канал в твёрдом подслое, вдоль которого перемещается достаточно длинная рабочая молекула. Добавим к основному каналу второй канал меньшей длины в поперечном направлении. Если разместить в поперечном канале вторую рабочую молекулу, то в зависимости от её положения она будет либо отдаляться от основного канала и от первой молекулы, либо приближаться к ней, блокируя возможность её перемещения. Если на конце второй рабочей молекулы находится полярная атомная группировка, то при определённом расстоянии от первой молекулы её перемещение вдоль основного канала станет невозможным из-за возрастания сил межмолекулярного взаимодействия (рисунок 2).

При единственном поперечном канале мы получим элемент НЕ, а при большем их числе — элемент ИЛИ-НЕ с произвольным числом входов до нескольких десятков (поскольку для блокировки перемещения длинной молекулы достаточно, чтобы переместилась только одна из молекул в любом из поперечных каналов).



1 — кристаллический подслой; 2 — рабочая молекула в канале подслоя; 3 — полярная группа атомов на конце молекулы; 4 — устройство для считывания состояния ячейки

Рисунок 1 — Запоминающая ячейка с тремя состояниями

1 — рабочая молекула; 2 — сигнальные (блокирующие) молекулы; 3 — сигнальная молекула в блокирующем положении

Рисунок 2 — Ячейка ИЛИ-НЕ с пятью входами

На основе этой же конструкции в единственной вычислительной ячейке можно реализовать и более сложные устройства: элемент $<n$, счётчик (пороговый датчик), АЦП с небольшой разрядностью, либо элемент нечёткой логики. Для этого необходимо, чтобы расстояние от основной рабочей молекулы до блокирующих молекул было таким, чтобы для блокировки основной молекулы требовалось перемещение более чем одной молекулы в боковых каналах. При этом вклад боковых молекул в удерживающую силу может иметь разный «вес» (в пределах 2—3 двоичных разрядов) в зависимости от полярности атомных группировок на их концах, поляризации участков основной молекулы и расстояния между молекулами.

Заключение. Нам представляется, что управляемое перемещение отдельных молекул под действием светового излучения является вполне осуществимой технической задачей. Если удастся синтезировать молекулы с подходящими свойствами, то на их основе можно создать множество разнообразных устройств, как механических, так и вычислительных. При этом появляется возможность осуществить развёртывание технологий «снизу вверх», когда относительно простые молекулярные машины используются для последовательного синтеза всё более сложных структур и систем, как это происходит в живых организмах. При этом управление такими системами может осуществляться не только с помощью внешних воздействий, но и в значительной мере в результате внутренних вычислительных процессов, возможность осуществления которых мы здесь показали. Число различных логических элементов и их комбинаций, которые можно реализовать на описанном принципе, достаточно велико, что позволит создавать эффективные наноразмерные вычислительные и запоминающие устройства, а также более сложные технические системы на их основе.

Список цитируемых источников

1. Попов, В. Ю. ДНК наномеханические роботы и вычислительные устройства / В. Ю. Попов // Всерос. конкурс. отбор обзор. аналит. ст. по приоритет. направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. — 210 с.
2. Altieri, A. Unidirectional rotation in a mechanically interlocked molecular rotor / A. Altieri [etc.] // J. Am. Chem. Soc. — 2003. — V. 125. — P. 8644.
3. Victor García-López, Pinn-Tsong Chiang, Fang Chen, Gedeng Ruan, Angel A. Martí, Anatoly B. Kolomeisky, Gufeng Wang, and James M. Tour. Unimolecular Submersible Nanomachines. Synthesis, Actuation, and Monitoring. Nano Letters 2015, DOI: 10.1021
4. Tierney, H. L. Experimental Demonstration of a Single-Molecule Electric Motor / H. L. Tierney, C. J. Murphy, A. D. Jewell, A. E. Baber, E. V. Iski, H. Y. Khodaverdian, A. F. McGuire, N. Klebanov and E. C. H. Sykes // Nature Nanotechnology. — 2011. — 6. — P. 625—629.
5. École doctorale des sciences chimiques Par Quan GAN. Pour obtenir le grade de docteur. Spécialité: chimie organique. — Foldaxanes : Pseudorotaxanes Hélicoïdaux Auto-Assemblés Structures et Mouvements Moléculaires. — Directeur de recherche : Dr. Ivan HUC.
6. Feringa, B. L. Molecular Switches / B. L. Feringa. — WILEY-VCH GmbH, Weinheim, Germany, 2001. — 441 p.
7. Полох, А. Л. Наномышца и наноманипулятор на оптически активных молекулах / А. Л. Полох // Содружество наук. Барановичи-2015 : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, 21—22 мая 2015 г., Барановичи : в 3 ч. — Барановичи : РИО БарГУ, 2015. — Ч. 2. — С. 174—176.
8. Полох, А. Л. Молекулярный привод линейного перемещения на оптически активных молекулах с внутримолекулярным переносом заряда / А. Л. Полох, Г. В. Качкар // Содружество наук. Барановичи-2016 : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, 19—20 мая 2016 г., Барановичи : в 3 кн. — Барановичи : РИО БарГУ, 2016. — Кн. 2. — С. 43—45.
9. Полох, А. Л. Управляемое световым излучением движение оптически активных молекул с внутримолекулярным переносом заряда / А. Л. Полох. — Минск, 2016. — Конкур. работа на XXII Респ. конкурсе науч. работ студентов высш. учеб. заведений Респ. Беларусь, 2016. Секция 31 [3-я категория, работа не деп.].

УДК 378:316.628

Т. А. Романчук, кандидат физико-математических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск

МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТА К ОБУЧЕНИЮ: ИЗУЧАТЬ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Введение. Требования, предъявляемые в последнее время к системе высшего образования, вынуждают преподавателей искать способы для усовершенствования и повышения эффективности образовательного процесса. Одной из таких возможностей является изучение и правильное использование мотивации студентов к обучению. Ведь именно сильная внутренняя положительная мотивация помогает студенту (а в будущем и специалисту-профессионалу) преодолевать трудности, с которыми ему приходится сталкиваться на протяжении всего времени обучения в университете.

Основная часть. Вопрос мотивации совсем не такой простой и очевидный, как может сразу показаться, ведь причин, по которым студент активно включается (или, наоборот, не включается) в учебный процесс, может быть множество; более того, у одного и того же студента они могут отличаться в разные периоды учебы. Специалисты различают внутреннюю и внешнюю мотивацию, а также положительную и отрицательную ее составляющие. При наличии внутренней положительной мотивации мы видим активного студента, стремяще-

гося к приобретению новых знаний, к реализации своих способностей, получающего удовлетворение от собственной работы и процесса обучения. При внешней мотивации наблюдается стремление студента к получению признания и похвалы от преподавателя или родителей, к получению более высокой стипендии или возможности в будущем получить более престижную и высокооплачиваемую работу (положительная мотивация) или боязнь неудач (получение низких оценок, вероятность отчисления, наказание родителей — отрицательная мотивация).

Понимание преподавателем истинных мотивов студента является достаточно хорошим и эффективным рычагом для управления его деятельностью, потому что при всей своей специфике мотивационная сфера — это та область, на которую можно и нужно влиять. Психологи считают, что внутренняя мотивация студента формируется не только благодаря его индивидуальным личностным качествам, но и под влиянием преподавателя, а также форм организации самого учебного процесса, ведь всем хорошо известно, что есть преподаватели, за которыми студенты ходят буквально по пятам.

На некоторых способах стимулирования студентов, а также повышения их мотивации нам и хотелось бы остановиться.

Одним из наиболее важных и существенных факторов высокой мотивации является осознание студентом важности того или иного учебного предмета, в частности математики. Студент приходит в университет для того, чтобы стать высококлассным профессионалом в выбранной области, а не для того, чтобы изучить некую определенную учебной программой совокупность дисциплин, на первый взгляд, никак не взаимосвязанных. Ведь студент будет учиться только тогда, когда это будет ему интересно, а интерес появится, только когда получаемые знания будут встраиваться в контекст будущей профессиональной деятельности или хотя бы использоваться при изучении спецпредметов. Однако здесь возникают определенные трудности, так как математика, относясь к общеобразовательным дисциплинам, читается на I—II курсах, когда студенты не знакомы ни с одним из профилирующих предметов.

Немаловажную роль в формировании положительной мотивации играет и четкая организация учебного процесса, а также методы и формы обучения, используемые преподавателем. И в данной ситуации, как говорится, «важно не количество, а качество», т. е. на первый план выходит не то, какой объем материала был прочитан на лекции или какое количество задач было решено во время практического занятия (что, безусловно, тоже важно), но и как это было сделано. С учетом стремительного развития и внедрения практически во все области деятельности компьютерных технологий традиционные методы обучения («начитка» лекций, решение у доски типовых задач на практике), при которых студент является все-таки пассивным участником, наверное, требуют пересмотра. Все чаще специалисты говорят о необходимости использования активных методов обучения, которые направлены на развитие познавательной активности студента, а в перспективе — на формирование творческой, способной к самостоятельной деятельности личности.

Применительно к лекциям это может быть использование мультимедийных презентаций, с одной стороны, это и смена формы подачи учебного материала (тем самым легче удерживать внимание студента), с другой же — это и значительная помощь в объяснении некоторых тем, особенно по геометрии.

Что касается практических занятий, то здесь очень важно настроить студента на постоянную работу во время семестра, а не только на хорошую подготовку к экзамену во время сессии. В нашем университете (БГУИР) данная проблема решается, как нам кажется, достаточно успешно с помощью модульно-рейтинговой системы (МРС). Вся программа курса разбивается на так называемые модули, каждый из которых представляет собой некую логически завершенную часть учебного материала, которую необходимо изучить за определенное время. Результатом работы студента является его текущий рейтинг, который высчитывается по определенной формуле. В данном случае очень важным моментом является четкое понимание студентом критерия оценивания его работы, т. е. студент должен понимать, как и за что выставляются баллы, тем самым он может регулировать интенсивность и направление своей работы, выбирая, чему можно уделить меньше или больше внимания и сил. Привлекательность использования МРС, с точки зрения студента, заключается в возможности получения экзаменационной оценки «автоматом», ведь заработать желаемую итоговую оценку в течение всего семестра гораздо проще, чем получить ее же на экзамене. Это вполне объяснимо и связано как с объемом материала, необходимого для изучения при прохождении очередной текущей аттестации (отдельно взятая тема или весь пройденный курс целиком), так и с психологическим фактором (определенный стресс и напряжение во время экзамена все равно присутствуют). Однако и здесь есть свои нюансы, так как некоторые студенты предпочитают интенсивную учебу в течение только одного месяца (сессии) кропотливой и регулярной работе в течение четырех месяцев семестра, хотя это все-таки исключительные случаи.

Еще одним из активных методов обучения, положительно влияющих на мотивацию студента и его интерес к математике (или какому-то другому предмету), является метод проектов. Однако, на наш взгляд, он применим только для студентов с успеваемостью выше средней, так как у них должен быть определенный запас знаний, развитое логическое мышление, а также умение самостоятельно учиться. Под проектом обычно понимают некую задачу, связанную с будущей профессиональной деятельностью, предполагающую достаточно большой объем работы и определенное время на ее выполнение, при этом сама работа выполняется студентами самостоятельно с небольшими консультациями преподавателя по мере необходимости. Использование метода проектов позволяет частично раскрепостить студента, сделать его более смелым в суждениях, не боящимся высказывать и отстаивать свою точку зрения, раскрыть его творческий и интеллектуальный потенциал, учит брать

на себя ответственность за свою работу и ее результат. Темы проектов могут быть самыми различными: от небольших тем, которым отводится 1—2 часа учебного времени (например, комплексные числа) до глобальных, важность которых сложно переоценить (интеграл, производная, дифференциальные уравнения), при этом акцент должен быть на прикладном значении и практическом использовании математических формул или понятий, чтобы, разрабатывая тот или иной проект, студент смог ответить на вопрос «Для чего же мне это нужно, как может пригодиться в профессии?». Ведь студенты зачастую и не подозревают, насколько широко используется, например, тот же интеграл при моделировании различных процессов (экономических, социальных, а не только физических).

Еще хотелось бы остановиться на такой форме организации учебного процесса, как групповое обучение. На наш взгляд, оно достаточно эффективно, а его использование обусловлено тем, что в учебных группах есть разные студенты и по уровню своих знаний, и по активности, и желанию учиться. Групповое обучение в свою очередь позволяет разбивать студентов с учетом их возможностей на группы; таким образом, в каждой из них организуется активная самостоятельная работа, при этом какая-то часть студентов остается работать с преподавателем, и это совсем не обязательно слабые студенты, а скорее те, работа которых носит ситуативный и импульсивный характер. Мы думаем, многим преподавателям знакомы студенты, которые быстро включаются в работу, но также быстро могут потерять к ней интерес, столкнувшись с какими-то трудностями или, наоборот, решив, что предлагаемый материал достаточно прост; именно такие студенты зачастую требуют чуть больше внимания преподавателя. Хотелось бы отметить, что иногда группа слабых, но мотивированных студентов делает значительные успехи (конечно же, на своем уровне); может быть, потому, что такому студенту гораздо понятнее простое, отчасти примитивное объяснение одногруппника, нежели научное изложение материала преподавателем. Групповая форма проведения занятий требует очень четкой и строгой организации учебного процесса, чтобы работа каждой из групп при ее относительной самостоятельности проходила под руководством и контролем преподавателя, да и подготовка к таким занятиям требует гораздо больше времени, чем к обычной паре. Нельзя не сказать и о том, что такая форма работы, как правило, сближает студентов, сплачивает группу, учит отзывчивости и внимательности по отношению друг к другу.

В заключение хочется упомянуть еще один способ повышения интереса и мотивации студента — личный пример преподавателя. Ни для кого не секрет, что очень часто личное отношение студента к преподавателю переносится и на его предмет. Формирование мнения о преподавателе происходит под влиянием многочисленных и разнообразных факторов, как чисто профессиональных, так и личностных. Современный преподаватель должен быть, наверное, не только узким специалистом в своей области, но и эрудированной и разносторонне развитой личностью, способной передать свою любовь к предмету и своим ученикам, в общении со студентами оставаясь открытым, доброжелательным, вежливым и тактичным человеком.

Заключение. Изменения, происходящие в настоящее время на рынке труда, предъявляют все более высокие требования к выпускникам университетов. Чтобы оставаться востребованным специалистом, выпускник должен быть готов к постоянному самосовершенствованию и развитию, а это возможно лишь при наличии у него высокой мотивации, развивать которую необходимо уже с университетских пор.

УДК 378

Е. В. Соловей

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Введение. Система образования находится в периоде радикальной смены моделей деятельности образовательных учреждений всех уровней. Общество заинтересовано состоянием образования и происходящими в нём переменами. Образовательные реформы пока не привели к желаемым качественным улучшениям результатов деятельности учреждений высшего образования. Неудовлетворенность состоянием и результатами образования нашла отражение во многих правительственных документах и многочисленных публикациях ученых. Развитие системы образования определяется в качестве приоритетного направления государственной политики. В стратегических целях и задачах развития образования предполагается выход на принципиально новый уровень, соответствующий запросам общества. Шагом в этом направлении стало принятие новых государственных образовательных стандартов. Анализ их содержания показывает, что они требуют перехода на принципиально новые модели образовательной деятельности. Новые стандарты устанавливают качественно иные требования к результатам образования и учебному процессу. Они определяют переход со знаниеориентированной на деятельность-ориентированную модель. Действующая система высшего образования существенно отстает от процессов, происходящих в обществе, и пока не способна в должной мере решить проблему «кадрового го-

лода», обусловленного новыми требованиями к уровню квалификации работников. В то же время многие выпускники не могут найти себе работу, определить собственное место в жизни. Выражением принципиальной смены целевых установок высшего образования стала заложенная в основу государственных стандартов идея представления желаемых качеств выпускника в виде компетенций. Чтобы обеспечить выполнение новых требований к результатам и способам деятельности образовательных учреждений, в их педагогические системы потребуется ввести множество согласованных и скоординированных инноваций, этим и обуславливается новизна и актуальность совершенствования инновационной деятельности преподавателей учреждений высшего образования.

Основная часть. Осуществление нововведений, как функция инновационной деятельности, призвано обеспечивать развитие образовательной деятельности, формирование у педагогической системы, осуществляющей эту деятельность, таких качеств, которые позволят с большей эффективностью решать образовательные задачи. Содержанием инновационной деятельности являются выявление и решение проблем образовательной деятельности. Как образовательная деятельность нуждается в педагогической системе, так и инновационная деятельность нуждается в определенной системе. Для её качественной реализации необходимо выполнение функций: выявление актуальных потребностей изменений в педагогической системе; выявление существующих разработок, использование которых потенциально могло бы повысить качество образовательной деятельности на каких-то ее участках; самостоятельная разработка новшеств; проектирование эталона педагогической системы и движения к нему; проектирование частных нововведений; практическое осуществление нововведений.

Только при качественном выполнении всех этих функций будет обеспечиваться преобразование педагогической системы учреждения высшего образования в соответствии с объективными потребностями и возможностями. Под способностью высшего образовательного учреждения к развитию понимается такое его качество, которое определяет, на сколько эффективно выявляются и решаются объективно существующие проблемы образовательной деятельности, т. е. определяются:

1) чувствительность к проблемам — это качество, определяющее способности учреждения высшего образования обеспечивать полноту выявления объективно существующих потребностей изменения имеющейся педагогической системы и адекватность оценки их значимости;

2) восприимчивость к возможностям решения — качество, определяющее способность обеспечивать полноту выявления объективно существующих возможностей для повышения эффективности образовательной деятельности и адекватность оценки их потенциала;

3) потенциал внедрений — качество, определяющее способность осуществлять нововведения и достигать максимально возможных положительных результатов с минимально возможными затратами ресурсов;

4) креативность — качество, определяющее способность руководства и педагогического коллектива находить решения тех проблем, для которых нет готовых к использованию разработок, а также способы интегрированного включения существующих разработок в образовательную деятельность [1].

На кафедре физико-математических дисциплин и информатики проводится серьёзная научно-исследовательская работа в рамках научной темы «Гармонизация физико-математических и специальных дисциплин с использованием информационно-коммуникационных технологий как средство формирования компетенций будущих специалистов». Профессорско-преподавательский состав кафедры постоянно разрабатывает и обновляет электронные комплекты учебно-методических материалов читаемых дисциплин. В процессе проведения работы преподавательский состав кафедры, обслуживающий дисциплины, материал или содержание материала в которых динамически изменяется, сталкивается с проблемой быстрого обновления существующих данных и своевременного представления обновлённых электронных комплектов учебно-методических материалов. Силами университета целесообразно разработать единую электронную форму для заполнения комплектов учебно-методических материалов по отработанному унифицированному шаблону, что позволит систематизировать, структурировать, применять и контролировать обеспеченность дисциплин учебно-методическими материалами. В то же время это облегчит работу и сэкономит время профессорско-преподавательского состава по внедрению инноваций в учебный процесс.

Система педагогических достижений в инновационной деятельности предполагает: стремления педагога и студентов к единой цели; взаимное понимание общности интересов, необходимость взаимной поддержки и согласованных действий; положительное, доброжелательное, доверительное отношение друг к другу, ко всему новому в образовании, получение удовлетворения от общения и совместной нововведенческой работы; общую добросовестность, усердие, самоотдачу в инновационных действиях; культ нового, обогащение новыми знаниями, более совершенными дидактическими действиями, навыками и умениями развития интеллекта и других познавательных качеств; взаимопомощь и поддержку в преодолении трудностей инновационного процесса, объективность во взаимных оценках достигнутого и причин неудач, культуру взаимоотношений и общения в инновационной деятельности [1].

Логика последовательной подготовки педагогов к инновационной деятельности проходит следующие этапы: 1) развитие творческой индивидуальности педагога, общей технологии творческого поиска; 2) овладение основами методологии научного познания, педагогического исследования, введение в инновационную педагогику; 3) освоение технологии инновационной деятельности; 4) практическая работа на экспериментальной площадке по введению новшества в педагогический процесс, осуществление коррекции, отслеживание результатов эксперимента, самоанализ профессиональной деятельности [2].

Заключение. Педагогические механизмы трансформации неинновационных учебных заведений в инновационные могут быть рассмотрены как системные нововведения. Они формируют новую образовательную модель и реализуют определённые образовательные системы в принципиально новых качественных условиях, а также совершенствуют научно-исследовательскую деятельность педагогов. Необходимость внедрения инновационной деятельности и создание оптимальных условий для её осуществления в учреждениях высшего образования не может подвергаться никаким сомнениям и обусловлена социальным заказом общества. Профессорско-преподавательскому составу целесообразно привлекать к разработкам элементов инновационной системы для учебного процесса студентов, магистрантов и аспирантов, что может быть реализовано на научно-исследовательских кружках, в процессе научно-исследовательской работы студентов, при проведении диссертационных исследований.

Список цитируемых источников

1. Профессионализм педагогического труда в вузе / В. И. Жуков [и др.] ; под ред. В. И. Жукова. — М. : Союз, 2006. — С. 186—214.
2. Астрейко, Е. С. Система инновационных умений педагога: состав, структура и методика формирования : учеб.-метод. пособие / Е. С. Астрейко. — Мозырь : МозГПУ, 2005. — 97 с.

УДК 378.14+744.4

Н. Н. Черкасов, Я. В. Дедович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ЗНАЧЕНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ В РАЗВИТИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ

Введение. В инженерной графике развитие пространственного воображения занимает одно из ключевых моментов. Среди графических изображений наибольшее распространение получили чертежи в системе прямоугольных проекции. Но эти изображения зачастую не дают полного пространственного представления о форме детали. Изображение предмета или детали немислимо без разрезов и сечений, так как это наиболее распространенные изображения; теоретический материал включает в себя элементы абстракции и изучение многих условностей, связанных с различного рода преобразованиями. Оперирование с предметом осуществляется в мысленном плане: мысленно вводится секущая плоскость, разрезается предмет. При таком оперировании опора идет на мысленное представление предмета в объеме — аксонометрические проекции.

Основная часть. Самая актуальная проблема — формирование рациональных приемов выполнения изображений. Как известно, существует три способа построения наглядных изображений в аксонометрических проекциях: 1) «от плоской фигуры»; 2) «от обобщения формы предмета» (с последующим «вычитанием» геометрических тел); 3) «от разделения формы предмета» (с последующим «суммированием» составляющих его геометрических тел).

По первому способу строятся плоскогранные предметы и детали или пересекающиеся между собой поверхности (когда деталь не имеет оснований, перпендикулярных к оси отверстий, и в некоторых других случаях). Вначале такой подход более уместен.

По второму и третьему способу строятся проекции при наглядных изображениях предметов, геометрические элементы которых различно расположены в пространстве. Используя эти способы, больше внимания уделяется анализу формы предмета и структуры изображения.

Умение читать чертеж и видеть составные части предмета и их взаимное расположение способствует развитию ориентации в пространстве. Задачи на соотношение описания изображения и обратные им задачи усиливают возможность быстрее сформировать пространственное представление и воображение.

В своей практике студенты применяют наиболее лёгкий способ построения аксонометрической проекции. Имея чертёж детали (рисунок 1), построим проекцию аксонометрии. Вначале по осям строят изображения разрезов: в плоскости XOZ — изображение половины фронтального разреза; в плоскости YOZ — изображение половины профильного разреза (рисунок 2). Продолжают выполнение аксонометрической проекции в соответствии с чертежом (рисунок 3).

Для быстрейшего понимания принципов построения детали рациональнее производить построения аксонометрических проекций в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D или AutoCAD. Это экономит время и силы, однако менее способствует развитию пространственного мышления.

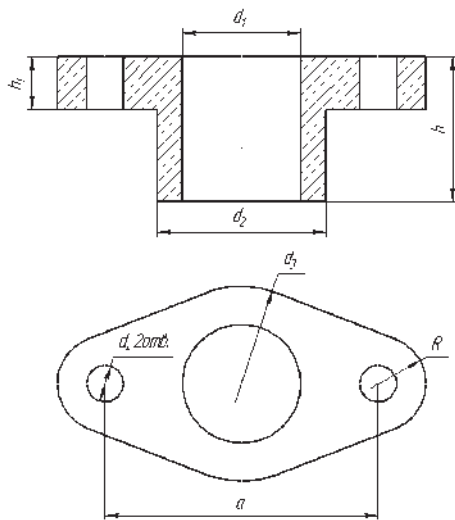


Рисунок 1 — Чертёж детали

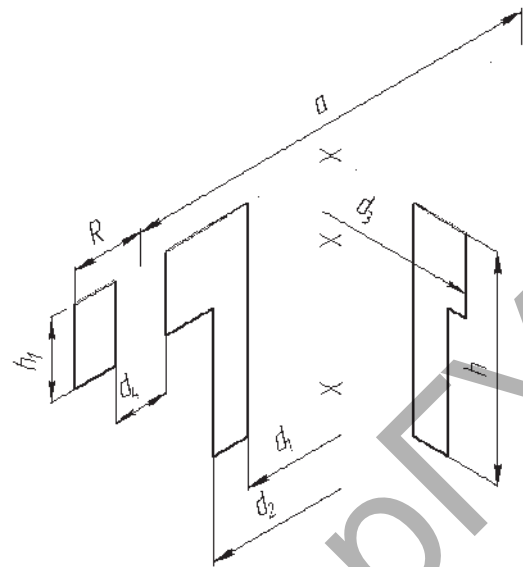


Рисунок 2 — Начало построения аксонометрической проекции фигур сечения, расположенных в плоскостях разреза

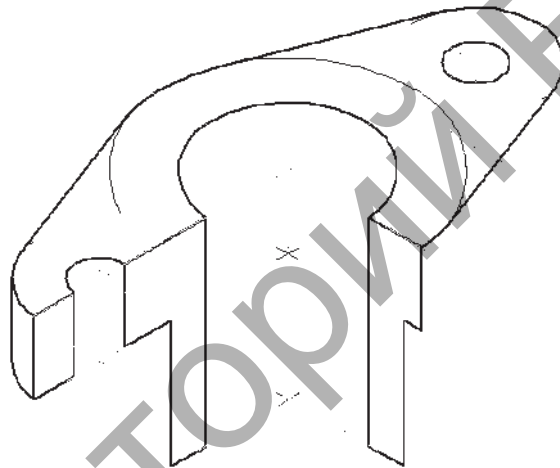


Рисунок 3 — Добавления построений аксонометрической проекции детали (изображение очертания верхней плоскости)

Заключение. Выполнение пространственных моделей может выступать в роли дополнительного момента в формировании пространственного воображения. Пространственная модель дополняет и окончательно формирует представление формы предмета.

В этой связи нам представляется целесообразным на каждой ступени образования (школа, учреждение среднего специального образования, учреждение высшего образования) раскрыть понятие аксонометрической проекции по возрастанию сложности с учетом уже известных понятий на каждом этапе обучения.

СЕКЦИЯ 4

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.9.048.7+621.78

А. В. Алифанов, профессор, доктор технических наук, В. Н. Алехнович, кандидат технических наук,
И. А. Романчук, кандидат физико-математических наук, О. А. Толкачева
Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЛАЗМОТРОНА НА ПОСТОЯННО-ИМПУЛЬСНОМ НАПРЯЖЕНИИ ДЛЯ НАПЛАВКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Для осуществления процесса плазменной наплавки используют оборудование мощностью от единиц до десятка киловатт [1—3]. Основная гамма промышленных установок имеет мощность 20—60 кВт. С их помощью можно напылять порошки тугоплавкого материала: молибдена, вольфрама, нихрома. Данные покрытия используют в качестве промежуточного подслоя, являются антикоррозионностойкими и жаростойкими. На промышленных установках мощностью десятки киловатт можно осуществлять напыление керамических материалов: оксиды, бориды, нитриды, карбиды металлов.

Температура плавления карбидов металлов значительно выше температуры плавления металла. Температура их размягчения превышает 3 500°C и обладает высокой стойкостью к окислению, жаростойкостью. Особенно большой жаростойкостью обладают покрытия карбида кремния. Широкое распространение для наплавки получили сплавы на основе никеля, хрома, кобальта, содержащие добавки бора и кремния. Плазменная наплавка данных материалов (самофлюсующиеся сплавы) позволяет получить покрытия без пор и раковин, обладает высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью, в том числе стойкость к окислению при высокой температуре. В зависимости от химического состава данные самофлюсующие материалы обладают различными значениями твердости, ударной вязкости и могут быть рекомендованы для различного использования. Для плазменной наплавки самофлюсующиеся сплавы чаще всего применяют в виде порошковых материалов, разделенные по фракциям в зависимости от диаметра частиц. Для их нанесения достаточно иметь оборудование плазменной наплавки мощностью 3—6 кВт.

Стоимость оборудования для плазменной наплавки мощностью 3—6 кВт в десятки раз дешевле и доступнее, чем оборудования мощностью 40—60 кВт.

Основная часть. Разработка велась на базе Физико-технического института НАН Беларуси (лаборатория объемных гетерогенных систем). При выполнении работы был взят ориентир на разработку дешевых надежных, высокоэффективных плазмотрона, источника питания и питателя порошкового материала для широкого круга потребителей в целях упрочнения и восстановления изношенных деталей.

Постоянно-импульсный режим работы плазмотрона позволяет наряду с повышением качества наплавки создать условия, способствующие интенсификации скорости диффузии легирующих элементов вглубь упрочняемой детали. Возможность использования в широком диапазоне значений длительности и амплитуды импульсной составляющей позволяет обеспечить стабильную работу на минимальном токе, с одной стороны, а с другой — обеспечить высокую адгезию наплавляемого покрытия, сведение к минимуму опасности проплавления тонкостенных упрочняемых поверхностей и термических поводок.

Значения частоты следования и длительности импульсной составляющей устанавливаются оператором.

Численные значения соотношения постоянной и импульсной составляющей будут определяться оператором для каждой конкретной детали.

Современные мощные полевые транзисторы, работающие в ключевом режиме, позволяют коммутировать и получать на выходе регулируемые импульсные напряжения до 1 200 В и токи в сотни ампер. Сами источники питания могут быть как трансформаторные, так и инверторные.

Для плазменной наплавки порошковых материалов была разработана и изготовлена конструкция плазмотрона для наплавки износостойких порошковых материалов на постоянно-импульсном напряжении. В разрабатываемом плазмотроне электрическая изоляция между анодом и катодом должна выдерживать импульсное напряжение 600 В, так как наличие высоковольтного поджига в плазмотроне также требует усиленной изоляции между анодом и катодом. Важно, что конструкция плазмотрона будет состоять из отдельных деталей, пол-

ностью разбираемых, с возможностью замены любой прокладки или изоляционной вставки: корпуса плазматрона, анода, изготовленного из меди, центрирующей изоляционной вставки, изготовленной из текстолита (фторопласта), катододержателя, изготовленного из латуни, катода — из лантанированного вольфрама диаметром 4 мм, задней крышки плазматрона с системой подачи плазмообразующего газа, системой подачи упрочняющего порошка на наружный срез отверстия анода и уплотнительных прокладок из высокотемпературных силиконовых резин. Анод и катодный узел разработанного плазматрона имеют водяное охлаждение и уплотнения по наружным поверхностям, соединенные последовательно.

В существующих плазматронах часто для герметизации полостей с водой используют кольцевые резиновые прокладки, установленные в специальных канавках, изготовленных на наружных цилиндрических поверхностях. В разработанной конструкции для повышения надежности герметизации уплотнительные прокладки устанавливаются на торцевых поверхностях, образующих последовательные цепочки и сжимаемые при окончательной сборке плазматрона одновременно, что обеспечивает герметичность конструкции в целом.

Для защиты изолятора от излучения дуги внутри плазматрона между анодом и катодным узлом на катод одета трубка из высокотемпературного керамического материала — окись циркония. Важным моментом в разрабатываемой конструкции плазматрона, предназначенного для наплавки износостойких порошковых материалов, является узел подачи упрочняющего порошка в плазменную струю. Использование при плазменном нанесении покрытий порошковых материалов экономически выгоднее, чем использование проволок, так как изготовление проволоки из большинства износостойких материалов, имеющих высокую твердость и хрупкость, дорого и сложно.

На практике из любого напыляемого материала можно изготовить порошок. Размер частиц упрочняющего порошка выбирается исходя из характеристик плазматрона, теплофизических свойств напыляемого металла (температуры плавления напыляемого металла, удельной теплоемкости, плотности). Применение мелкодисперсного порошка позволяет получать покрытие большей плотности — без пор. Выбирая дисперсность порошка, необходимо учитывать, что мелкодисперсный порошок имеет большую поверхность, а значит, и наличие большого количества окислов на поверхности частиц, которые при нанесении перейдут в материал покрытия. При нанесении плазменных покрытий необходимо применять порошки одного размера, так как разброс частиц по размеру приведет к нарушению однородности покрытия из-за различия степени их расплавления и скорости движения в плазменной струе.

Под действием газотермических сил и сил инерции порошок смешивается с плазмой, нагревается и ускоряется в ней. Чтобы зафиксировать длину дуги и тем самым стабилизировать режим генерации плазмы, сопло на выходе имеет незначительное расширение. Для повышения стабилизации дуги в разрабатываемом плазматроне осуществлена тангенциальная подача газа в районе анодного отверстия. Представим внешний вид разработанного плазматрона в собранном виде (рисунок 1).

Заключение. В Физико-техническом институте НАН Беларуси разработана и изготовлена конструкция плазматрона для наплавки износостойких порошковых материалов на постоянно-импульсном напряжении. Особенностью данной конструкции является то, что плазматрон состоит из полностью разбираемых деталей с возможностью замены любой прокладки или изоляционной вставки, что позволит осуществить разборку и сборку плазматрона в процессе ремонтных работ без ухудшения его качества. Применение для питания плазматрона постоянно-импульсного напряжения позволяет обеспечить стабильную работу плазматрона на минимальном рабочем токе, позволяющем свести к минимуму опасность проплавления упрочняемых тонкостенных поверхностей и термических поводок, получить высокое качество наплавленного слоя и хорошую адгезию. Использование предлагаемой конструкции плазматрона и технологии наплавки позволяет создать условия, способствующие интенсификации диффузии легирующих элементов в упрочняемую поверхность. Данная работа выполняется благодаря поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.



Рисунок 1 — Внешний вид разработанного плазматрона

Список цитируемых источников

1. Хасуй, А. Техника напыления / А. Хасуй. — М. : Машиностроение, 1975. — 288 с.
2. Даутов, Г. Ю. Плазматроны со стабилизированными электрическими дугами / Г. Ю. Даутов, В. Л. Дзюба, И. Н. Карп. — Киев : Наук. думка, 1984. — 168 с.
3. Донской, А. В. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении / А. В. Донской, В. С. Клубникин. — Л. : Машиностроение, 1979. — 221 с.

А. В. Алифанов, профессор, доктор технических наук, В. В. Цуран, О. Ю. Пожелаев
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАТОЧКИ РЕЖУЩЕГО ЛЕЗВИЯ ГЕЛИКОИДАЛЬНОГО РУБИЛЬНОГО НОЖА

Введение. Для производства древесной щепы в промышленности применяют рубильные машины. В зависимости от типа рубильной машины применяются ножи с прямолинейной режущей кромкой и с переменным углом заострения по длине ножа (геликоидальные).

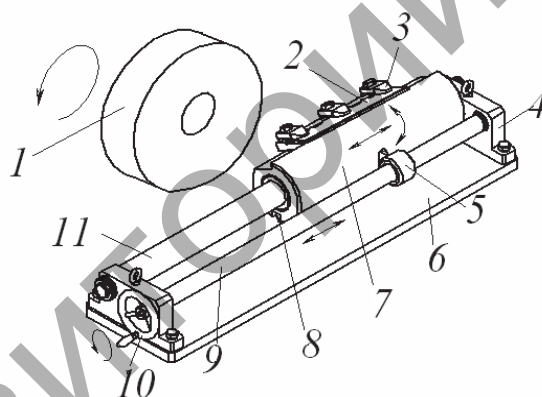
Скошенная часть кромки геликоидального ножа имеет геликоидальную поверхность, угол заточки по длине ножа переменный. Такая сложная геометрия режущей кромки обусловлена тем, что при рубке древесины происходит самозахват обрабатываемого материала, что упрощает конструкцию рубильной машины — отпадает необходимость в подающем устройстве [1].

Основная часть. На предприятиях деревообработки в большинстве случаев применяются рубильные машины типа МРПП-10, на которых используются ножи размером 300×6 мм (ГОСТ 17342-81) с переменным углом заострения по длине ножа от $29^\circ 42'$ до $34^\circ 42'$.

На производительность процесса резания значительное влияние оказывает технологический режим заточки геликоидального рубильного ножа [2].

На кафедре оборудования и автоматизации производства учреждения образования «Барановичский государственный университет» разработано устройство для геликоидального шлифования режущего лезвия рубильных ножей [3]. Однако в дальнейшем возникла потребность в модернизации данной конструкции в целях повышения производительности процесса и улучшения условий работы при обслуживании данного устройства.

Нами разработано усовершенствованное устройство для заточки ножей (рисунок 1).



1 — шлифовальный круг; 2 — нож; 3 — прихват; 4 — опора с подшипниками; 5 — гайка; 6 — основание; 7 — барабан (несущий цилиндр); 8 — ролик кулачка барабанного типа; 9 — винт; 10 — маховичок; 11 — направляющая барабана

Рисунок 1 — Принципиальная схема устройства для заточки геликоидальных ножей

Принцип работы устройства для заточки геликоидальных ножей следующий. Устройство устанавливается на стол плоскошлифовального станка. Отличительной его особенностью является то, что рубильный нож 2 прижимается равномерно в трех точках прихватами 3 и не подвергается напряжениям изгиба. Значения переменного угла α (от $29^\circ 42'$ в начальной точке лезвия и до $34^\circ 42'$ в конечной) достигаются за счет кинематики движения — совмещения поступательного и вращательного движения барабана (несущего цилиндра) 7, на котором установлен нож 2, а также за счет начального положения установленного ножа 2 под углом к продольной оси барабана (несущего цилиндра) 7. Автоматическая работа устройства осуществляется при помощи электро-схемы управления двигателем. Оптимизация конструкции устройства заключается в подборе оптимальной частоты вращения приводного винта, обеспечиваемой оптимальной частотой вращения электродвигателя.

На первоначальном этапе по изучению параметров процесса заточки ставилась цель установить зависимость показателя шероховатости поверхности режущего лезвия Ra от величины продольной подачи заготовки

относительно неподвижного шлифовального круга S . Установлено, что шероховатость поверхности Ra заточенного лезвия ножа изменяется по линейному закону.

Также установлено, что при низких значениях подачи ($S = 0,0054 \dots 0,0083$ с) на заточенной поверхности наблюдались прижоги, которые с увеличением подачи до $S = 0,0165$ м / с исчезали.

Далее были выполнены производственные испытания заточенных рубильных ножей для определения их стойкости. Выявлено, что стойкость T составила от 296 до 382 мин при различных вариантах технологических параметров затачивания. Наибольшая стойкость была выявлена при подаче $S = 0,0165$ м / с, глубине резания $t = 0,08 \dots 0,1$ мм.

После проведения производственных испытаний сделан вывод, что при затачивании геликоидальных рубильных ножей с использованием предлагаемой конструкции определяющим фактором стойкости ножей является оптимальное соотношение параметра шероховатости поверхности заточенного лезвия ножа и критерия наличия прижогов на заточенном лезвии.

Заключение. Произведена модернизация конструкции устройства для заточки геликоидальных рубильных ножей путем замены ручного вращения приводного винта на автоматическое управление, что позволило увеличить производительность процесса затачивания, а также улучшить работу по обслуживанию данного оборудования. Определены оптимальные режимы затачивания лезвия рубильных ножей на модернизированной установке.

Список цитируемых источников

1. Амалицкий, В. В. Деревообрабатывающие станки и инструменты / В. В. Амалицкий. — Саратов : Сарат. полиграф. комбинат, 2002. — 126 с.
2. Афанасьев, П. С. Станки и инструменты деревообрабатывающих предприятий / П. С. Афанасьев. — М. : Лесная пром-сть, 1968. — 496 с.
3. Алифанов, А. В. Устройство для геликоидального шлифования режущего лезвия рубильных ножей / А. В. Алифанов, В. В. Цуран // Вестн. БарГУ. Серия: Физико-математические науки. Технические науки. — Вып. 1. — 2013. — С. 44—49.

УДК 621.867.1

В. Ф. Барышников, кандидат технических наук, доцент, **И. А. Богданович**, кандидат технических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТЁРА ДЛЯ УБОРКИ СТРУЖКИ

Введение. Для перемещения сыпучих материалов, а также мелкой и сливной стружки на участках и в цехах механической обработки металлов часто используются шаговые конвейеры и штанговые транспортёры возвратно-поступательного движения с вертикальной осью подвески скребков. Штанги могут иметь различный профиль. Привод транспортёров может быть коноидальным (тросовым), цепочно-шатунным, цепочно-кулисным, винтовым, реечным, гидравлическим и с реверсивным электродвигателем. Выбор типа привода зависит от конкретных условий его эксплуатации [1; 2].

Целью работы являлась модернизация конструкции устройства для принудительного перевода скребков из рабочего положения в холостое и наоборот, что позволит улучшить его эксплуатационные свойства.

Основная часть. Представим фрагмент скребкового транспортера с механизмом принудительного перевода скребков из рабочего положения в холостое и наоборот (рисунок 1) [3].

Устройство скребкового транспортера следующее. В лотке 11 по продольному каналу перемещается корбчатая штанга 1. На штанге с определенным шагом на двух штифтах 9 в продольном пазу 10 штанги смонтированы ползуны 8. В ползунах 8 на осях 7 установлены скребки 6. Для принудительного перевода скребков из холостого положения в рабочее и наоборот служат рычаги 3, одно плечо которых крепится к скребку 6 за счёт пальца 5, а второе — к штанге за счёт оси 2.

При рабочем ходе штанги 1 (вперёд) ползун 8, оставаясь на месте и упираясь штифтом 9 в задний торец стенки продольного паза 10 за счёт рычагов 3, разворачивает скребки в рабочее положение на угол 120° , перемещая тело волочения на величину одного хода.

При холостом ходе штанга движется назад, ползун 8, оставаясь на месте, упирается передним штифтом 9 в передний торец стенки продольного паза 10, переводя таким образом за счёт рычагов 3 скребки 6 в холостое положение. Скребки, прижимаясь к ползуну 8, образуют угол 50° и свободно проходят мимо образовавшегося тела волочения. В случае перемещения сливной стружки последняя задерживается шипами 4, закреплёнными в боковых стенках лотка, поэтому тело волочения, сформированное последующими рабочими органами, не разрушается.

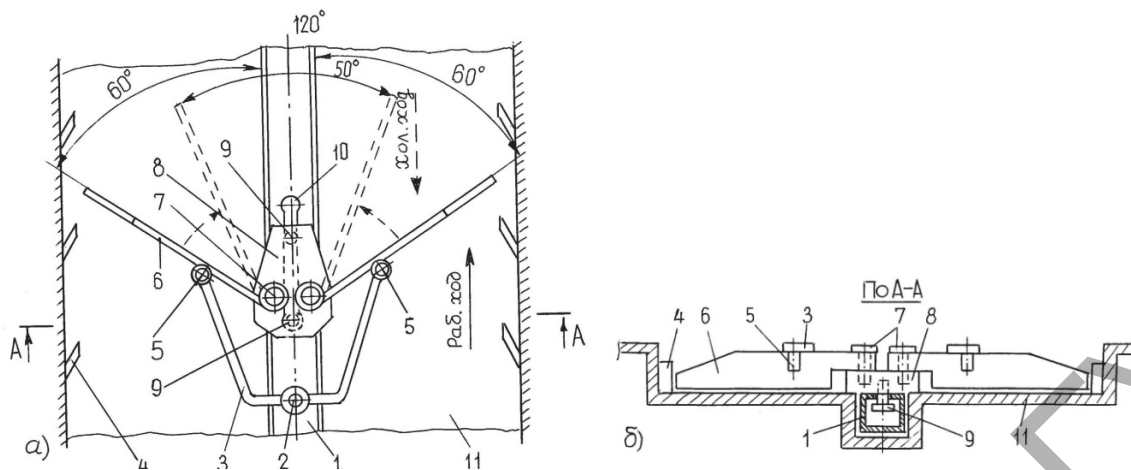
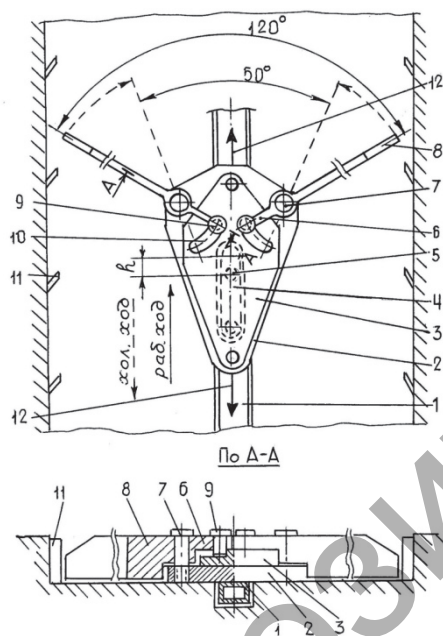


Рисунок 1 — Фрагмент скребкового транспортера с механизмом принудительного перевода скребков из рабочего положения в холостое и наоборот



1 — штанга; 2 — опора; 3 — ползун; 4 — паз продольный; 5 — штифт ползуна; 6 — плечо скребка; 7 — палец скребка; 8 — скребок; 9 — штифт плеча; 10 — паз фигурный; 11 — шип; 12 — тяговый орган; 13 — лоток

Рисунок 2 — Фрагмент транспортера для уборки стружки

Таким образом, перемещение ползуна 8 относительно штанги 1 по продольному пазу 10 является следствием перевода скребков 6 из холостого положения в рабочее и наоборот.

Апробация описанной выше конструкции выявила ее некоторые слабые стороны. Во-первых, недостатком данного механизма является неудачное крепление рычагов 3 к скребкам 6 (см. рисунок 1). К тому же упущен паз для оси рычага 2.

Предлагаем схему транспортера с модернизированным механизмом, лишённым указанных недостатков (рисунок 2).

Штанга 1, работающая на растяжение, находится в продольном канале лотка 13. На штанге 1 жёстко закреплена опора 2, в которой выполнен продольный паз 4. По опоре 2 перемещается ползун 3 на величину h . В ползуне установлены два штифта 5, перемещающиеся по пазу 4 в опоре 2. К ползуну 3 крепится тяговый орган (цепь или трос).

Скребки 8 транспортера, снабжённые плечами 6, установлены на пальцах 7, закреплённых в опоре 2. В плечах 6 скребков смонтированы штифты 9, которые входят в фигурные пазы 10, выполненные в ползуне 3.

Принцип работы механизма для принудительного перевода рабочих органов транспортера из холостого положения в рабочее и наоборот следующий.

При холостом ходе ползун 3 смещается по пазу 4 на штифтах 5 на величину h .

В это же самое время штифты 9 плеча 6 скребков 8 скользят по фигурным пазам 10 ползуна 3, разворачивая скребки 8 относительно пальцев 7 на 50° . Скребки 8, быстро сложившись, совершают холостой ход, не нарушая сформировавшееся тело волочения из стружки.

При рабочем ходе ползун 3 перемещается по продольному пазу 4 в опоре 2 на величину h . Одновременно плечи 6 скребков 8 за счёт штифтов 9 плеча, скользящих по фигурным пазам 10, разворачивают скребки 8 на угол 120° и перемещают стружку на величину одного хода.

В случае транспортирования сливной стружки при холостом ходе скребков стружка задерживается шипами 11, смонтированными на боковых стенках лотка 13, что исключает разрушение образовавшегося тела волочения.

Заключение. Предложенная конструкция механизма для принудительного перевода рабочих органов транспортера из холостого положения в рабочее и наоборот является более простой в исполнении и более технологичной в использовании. Применяя данный механизм, можно значительно уменьшить ход рабочих органов, т. е. время цикла уборки. Следовательно, повышается производительность транспортера и уменьшается энергоёмкость процесса транспортировки материалов, а также улучшаются эксплуатационные параметры транспортера.

Список цитируемых источников

1. Красников, В. В. Подъёмно-транспортные машины: издание третье, переработанное и дополненное / В. В. Красников. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — М. : Колос, 1981. — 204 с.
2. Власов, С. Н. Транспортные и загрузочные устройства и робототехника / С. Н. Власов, Б. М. Позднеев, Б. И. Черпаков. — М. : Машиностроение, 1988. — 144 с.
3. Наривончик, Ю. С. Модернизация скребкового транспортёра / Ю. С. Наривончик, В. Ф. Барышников, И. А. Богданович // Содружество наук-2017 : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, 18—19 мая 2017 г., Барановичи : РИО БарГУ, 2017. — Ч. 2. — С. 213—215.

УДК 641.4:634/635

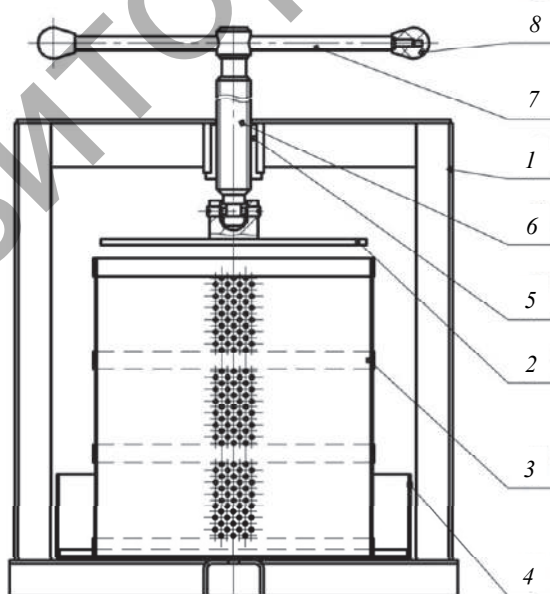
В. Ф. Барышников, кандидат технических наук, доцент, **А. А. Болтик**
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СОКОПРЕССА

Введение. Одной из основных задач, стоящей перед пищевой промышленностью и пищевым машиностроением, является создание высокоэффективного технологического оборудования, которое на основе использования прогрессивной технологии значительно повышает производительность труда, сокращает негативное воздействие на окружающую среду и способствует экономии исходного сырья, топливно-энергетических и материальных ресурсов. Целью нашей работы являлась разработка конструкции сокопресса, позволяющей механизировать технологический процесс получения сока из органического сырья.

Основная часть. В настоящее время на базе ОАО «Торгмаш» производится прессовая соковыжималка ПВР-01, работающая по принципу холодного отжима. Это позволяет сохранить все полезные свойства плодов. К тому же такие приборы подходят для отжима сока из любых фруктов, ягод и овощей. Пресс-соковыжималка дает больше сока, чем центробежная модель. Отсюда вытекает главное преимущество соковыжималок данного типа — получение большего количества чистого сока с сохранением витаминов и других полезных свойств [1]. Приведем схему сокопресса ПВР-01 (рисунок 1).

Принцип работы пресса заключается в следующем: путем вращения винта *б* вручную нажимной диск *2* давит на измельченный материал, засыпанный в резервуар, обтянутый сеткой. Выдавленный сок проходит через сетку и собирается в поддон. Вместимость резервуара с сеткой — 6 л, внутренний диаметр ёмкости — 225 мм.



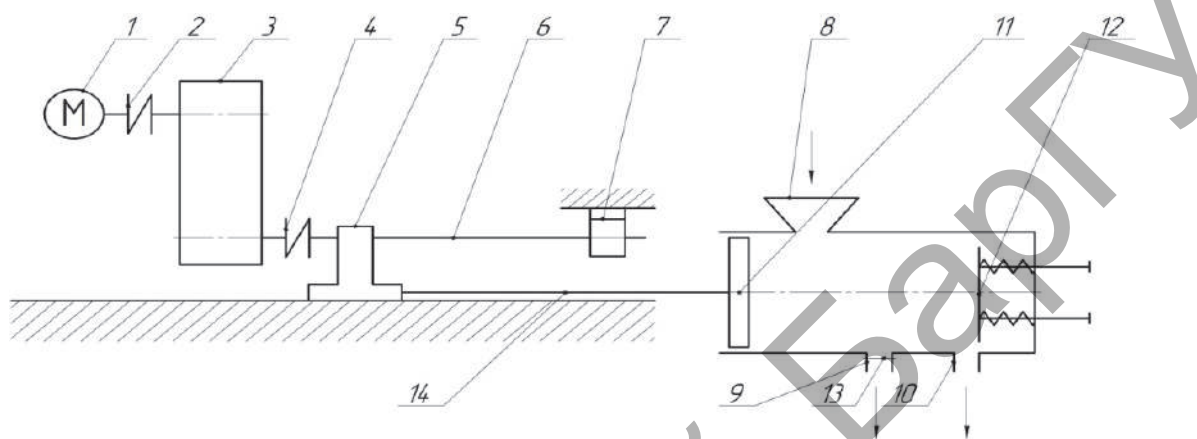
1 — рама; 2 — диск нажимной; 3 — сетка; 4 — поддон;
5 — гайка; 6 — винт; 7 — рукоятка; 8 — накладка

Рисунок 1 — Общий вид сокопресса ПВР-01

Недостатком данного сокопресса является отсутствие постоянного усилия прессования, ручная загрузка сырья и выгрузка жома и, следовательно, невысокая производительность.

Нами ставилась задача усовершенствовать конструкцию соковыжималки путем механизации процесса отжима. Для механизации этого процесса и осуществления возвратно-поступательного движения поршня пресса (нажимного диска) существует несколько схем приводов, таких как цепочно-шатунный, цепочно-кулисный, реечный и гидравлический. Первые три имеют существенные конструктивные недостатки. Гидравлический привод довольно дорогой и сложный в обслуживании. Для данного процесса больше подходит винтовой привод, который прост по конструкции и удобен в эксплуатации [2].

Представим предлагаемую конструктивную схему механизированного сокопресса (рисунок 2).



1 — электродвигатель; 2 — муфта; 3 — редуктор; 4 — муфта; 5 — гайка; 6 — винт; 7 — опора винта; 8 — загрузочная горловина; 9 — отверстие для выхода сока; 10 — отверстие для выхода жома; 11 — поршень; 12 — упорная пластина с пружинами; 13 — сито; 14 — шток

Рисунок 2 — Предлагаемая схема соковыжималки с винтовым приводом

Привод содержит электродвигатель 1, соединенный муфтой 2 с входным валом редуктора 3. На левую часть винта 6 установлена муфта 4 и гайка 5, которая соединяется с выходным валом редуктора. Правая часть винта 6 без резьбы находится в опоре 7. Гайка 5 перемещается по направляющим, установленным на опоре, на величину хода, равную 0,3 м. Шток соковыжималки 14 закреплен в гайке 5, а с правой стороны он соединяется с поршнем 11 квадратной формы. Материал из дозатора через загрузочную горловину 8 загружается в камеру сокопресса. Поршень 11 сокопресса перемещается со скоростью 0,05 м / с, выжимает из материала сок, который через сито 13 сливается в ёмкость, жом упирается в упорную пластину 12 с пружинами и затем выгружается из прессовальной камеры.

Заключение. Предложенная конструкция соковыжималки позволяет избавиться от непроизводительного ручного труда (с условием применения механизированного дозатора для периодической загрузки прессовальной камеры). Модернизированная конструкция осуществляет механическую выгрузку жома из камеры, значительно повышает производительность труда, культуру производства и его технико-экономические показатели.

Список цитируемых источников

1. Юрченко, Е. И. Переработка и хранение фруктов, ягод и овощей / Е. И. Юрченко, Л. А. Юрченко. — Минск : Ураджай, 1985. — 144 с.
2. Арбузов, И. П. Механизация транспортных работ на животноводческих фермах / И. П. Арбузов, М. Ф. Козликов, А. И. Смирнов. — Ростов н/Д : Рост. книж. изд-во, 1965. — 49 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПНЕВМООБОРУДОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО СБОРКЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Введение. Оснащение автоматических линий в процессе их модернизации новейшими системами пневмоавтоматики позволит получить оборудование, отвечающее технологическим требованиям. Затраты на модернизацию составляют в среднем около 50% от стоимости нового оборудования при обеспечении тех же функциональных и технологических возможностей в строгом соответствии с требованием предприятия-заказчика. Автоматическая линия по сборке трубчатых элементов теплоотдачи (далее — АЛ) эксплуатируется на ОАО «Сантехпром» (Москва), которое специализируется на производстве современных энергосберегающих приборов водяного отопления. В целях увеличения объема выпускаемой продукции, сокращения обслуживающего персонала, уменьшения площадей, занимаемых линией, возникла необходимость модернизации вышеуказанного оборудования.

Основная часть. Пневмооборудование АЛ предназначено для осуществления управления исполнительными механизмами, преобразующими потенциальную энергию сжатого воздуха в механическую энергию движения; пневмооборудование включает в себя также пневмосвязи между пневмоцилиндрами и пневмоаппаратами. Пневмооборудование АЛ комплектуется пневмоаппаратурой фирмы «SMC».

Каждый пульт оператора имеет кнопки «Пуск» и «Стоп». При нажатии кнопки «Пуск» происходит продолжение цикла АЛ. Одновременно включается световой барьер, доступ оператора в рабочую зону запрещается до окончания этапа работы механизмов в автоматическом режиме. Следующий цикл включается повторным включением кнопки «Пуск». При нарушении зоны светового барьера работа механизмов прекращается. Кнопка «Стоп» предназначена для экстренной остановки АЛ [1].

Модернизация автоматической линии заключается в изменении следующих узлов: 1) устройства транспортного (осуществляет перемещение заготовки); 2) устройства поворотного (осуществляет поворот заготовки); 3) переключателя порталного (осуществляет зажим, подъем и перемещение заготовки); 4) замене блоков подготовки воздуха и пневмоостровов на более прогрессивные.

Для перемещения заготовки на транспортном устройстве в действующей линии использовались пневмоцилиндры двустороннего действия модели CDQ2D20A1000 [2], диаметр поршня — 20 мм, ход — 1 000 мм (2 шт. на каждое транспортное устройство). При модернизации два пневмоцилиндра заменили одним бесштоковым пневмоцилиндром модели 52M8P32A2000 [2], в котором диаметр поршня — 32 мм, ход — 2 000 мм, имеющим двойное усилие и защиту от проворота с направляющей скольжения.

На поворотном устройстве было установлено два пневмоцилиндра двустороннего действия 61M2P050A320 [2], имеющие следующие технические характеристики: диаметр поршня — 50 мм, диаметр штока — 20 мм, ход — 320 мм; их заменили на компактный поворотный привод ECDRQBW40-180 [2].

Для переключателя порталного в целях осуществления зажима предлагается использовать пневмоцилиндр CDQ2D40TF-15DCMZ [2], у которого диаметр поршня — 40 мм, диаметр штока — 16 мм, ход — 15 мм. Для подъема заготовки применяем пневмоцилиндр CD55F80-100M [2] (диаметр поршня — 80 мм, диаметр штока — 22 мм, ход — 100 мм). Дальнейшее перемещение заготовки предлагается осуществить бесштоковым пневмоцилиндром 52M8P32A2000 [2] со следующими техническими характеристиками: диаметр поршня — 32 мм, ход — 2 000 мм.

Пневмооборудование АЛ до модернизации состояло из блоков подготовки воздуха серии EAW в металлическом корпусе с расходом 7 500 л/мин и пневмоостровов с многополюсным электрическим разъёмом. В ходе модернизации предлагается произвести замену блоков подготовки воздуха серии EAWN, которые изготовлены из технополимера с прочными крепёжными элементами с более высокой пропускной способностью ($Q = 8\ 700$ л/мин). Имеющиеся пневмоострова заменены на пневмоострова модульного исполнения с интегрированием по шине FeldBus. Для управления катушками и сигналами входов-выходов используется внутренняя шина, что обеспечивает передачу сигналов включения-выключения, большое количество катушек, компактный дизайн, локальную диагностику и включающие в свой состав модуля входов и выходов. Ранее были установлены пневмоострова с многополюсным разъёмом, а модули входов и выходов устанавливались отдельно.

В результате модернизации пневмооборудования на АЛ можно получить экономию рабочего пространства, уменьшение количества обслуживаемого персонала, а также улучшение технологических и конструкторских характеристик оборудования, которые заключаются в следующем:

1) применение бесштокового пневмоцилиндра модели 52M8P32A2000 на транспортном устройстве позволяет уменьшить рабочее пространство и экономит место при монтаже при одинаковых усилиях работы. Заменили два пневмоцилиндра на один пневмоцилиндр, у которого время срабатывания составляет 1 мс, у ра-

нее установленных время срабатывания — 2,1 мс. При этом имеем защиту от проворота с направляющей скольжения;

2) на поворотном устройстве замена пневмоцилиндра двустороннего действия на компактный поворотный привод создаёт удвоенный крутящий момент и также позволяет уменьшить рабочее пространство, время срабатывания составляет 1 мс, у ранее установленных время срабатывания — 2,1 мс;

3) на позиции переключателя портального заменены три позиции на одну, чем сэкономили также на рабочем пространстве. В действующей линии было три позиции, на которых осуществлялись отдельно зажим, подъём и перемещение;

4) применение блоков подготовки воздуха серии EAWN с более высокой пропускной способностью позволяет более рационально использовать расход сжатого воздуха, уменьшить потери и, соответственно, минимизировать колебания давления в системе;

5) применение пневмоостровов позволяет сочетать пневматику, электрику и сетевую технологию в одном продукте, что дает возможность увеличить производительность линии, а также для совместно работающих исполнительных механизмов снизить затраты ресурсов на проведение пусконаладочных и ремонтных работ, облегчить сопряжение с электронной системой управления (например, включение в промышленную сеть), сократить общую протяженность пневмолиний и электрических кабелей. Для подключения к сети пневмоострова снабжены интерфейсными модулями, которые принимают команды, поступающие через сеть, и выполняют их, подавая или снимая питание на электромагниты распределителей, принимают сигналы от датчиков и через сеть передают их в контроллер, управляют внешними устройствами и обрабатывают аналоговые сигналы.

Заключение. Предлагаемый способ модернизации автоматической линии по сборке трубчатых элементов теплоотдачи позволяет увеличить производительность оборудования, улучшить его технологические и конструкторские характеристики, уменьшить рабочее пространство, занимаемое АЛ.

Список цитируемых источников

1. *Свешников, В. К.* Станочные гидроприводы : справочник / В. К. Свешников, А. А. Усов. — М. : Машиностроение, 2014. — 680 с.
2. Каталог фирмы “SMC”, 2016. — 841 с.

УДК 622.6

Е. В. Борис, В. Я. Прушак, доктор технических наук, профессор

Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск

ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ И ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ. АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ

Введение. Увеличение промышленного производства во многих странах мира подняло потребление минерально-сырьевых ресурсов на новый уровень. Именно поэтому горнодобывающая промышленность увеличивает объемы добычи. Однако из-за повсеместного истощения давно освоенных месторождений и сокращения разведанных, легко извлекаемых запасов, все чаще приходится производить добычу в неосвоенных, труднодоступных районах, в которых зачастую полностью отсутствуют как мощности по переработке, так и инфраструктура для транспортировки сырья. При таких обстоятельствах основная нагрузка приходится на горно-транспортное оборудование.

Основная часть. Для решения такого рода проблем немаловажная роль отводится конвейерному транспорту. Именно они должны обеспечивать надежную и эффективную транспортировку добываемых в труднодоступных и отдаленных районах минерально-сырьевых ресурсов на значительные расстояния с высокой производительностью. Отсюда следует, что перспективными направлениями развития машин непрерывного транспорта является значительное расширение области их применения в автоматизированных транспортно-технологических системах производства, создание конвейеров для бесперегрузочного транспортирования грузов, повышение производительности конвейеров, создание конвейеров с крутонаклонной и сложнокombинированной горизонтально-вертикальной трассой для высокопроизводительного транспортирования.

Ленточными конвейерами называют наиболее распространенные машины непрерывного транспорта, несущим и тяговым органом которого является бесконечная гибкая лента. Принцип действия ленточных конвейеров — перемещение груза на замкнутой и подвижной в пространстве ленте, относительно которой груз неподвижен [1]. Основными частями ленточного конвейера в общем случае являются: гибкая лента, служащая одновременно грузонесущим и тяговым органом; привод, состоящий из одного или нескольких барабанов, одного или большего числа двигателей и редукторов; станина и установленные на ней стационарные роликоопоры,

поддерживающие ленту по длине конвейера; натяжное устройство для натяжения ленты. Кроме того, в состав конвейера входят загрузочные и очистные устройства, аппаратура контроля и автоматизации [2].

Ленточные конвейеры из-за простоты конструкции и обслуживания, низких эксплуатационных расходов и малых энергозатрат нашли широкое применение на предприятиях горнодобывающей, металлургической, строительной и других отраслей промышленности. Транспортируемые насыпные грузы могут быть порошкообразные, зернистые и мелко-, средне- и крупнокусковые. Размеры и вес штучных грузов ограничиваются условиями перемещения их на ленте. Ленточные конвейеры для насыпных грузов характеризуются чрезвычайно широким диапазоном производительности: от нескольких тонн до нескольких тысяч тонн в час (на наиболее мощных установках достигнута производительность до 15—30 тыс. т / ч при ширине ленты 3 000 мм и скорости движения 6—8 м / с). Данный показатель производительности во много раз превышает производительность других конвейеров [3]. Длина ленточных конвейеров в одном ставе тоже колеблется в широких пределах — от нескольких метров до десяти тысяч и более. Исходя из этого большим расстоянием для транспортирования насыпных грузов с помощью ленточных конвейеров можно считать расстояние от 1,5 вплоть до 100 км. Максимальное (т. е. предельное для конкретного типа материала) расстояние устанавливается на основе сравнительных экономических расчетов альтернативных вариантов средств транспортировки. Также системы ленточных конвейеров могут иметь сложные трассы с горизонтальными и наклонными участками, а также с искривлениями в горизонтальной плоскости.

Одной из разновидностей ленточного конвейера является канатно-ленточный конвейер, в котором, в отличие от обычного ленточного, разделены функции тягового и несущего органов: функции несущего органа выполняет лента, не требующая высокой продольной прочности, а функции тягового органа — канаты. Появление конвейеров этого типа было вызвано стремлением увеличить длину конвейера в одном ставе за счет использования тягового органа высокой прочности. Элементами конструкции канатно-ленточного конвейера являются: грузонесущая лента, стальные тяговые канаты, опорные конструкции и ролики для поддержания канатов, приводная станция и натяжные устройства. Канатно-ленточный конвейер оборудуют специальной лентой шириной 750—1 400 мм с несколькими тканевыми прокладками, между которыми для придания поперечной жесткости с определенным шагом по оси ленты расположены стальные полосы и имеются трапециевидные выступы для тяговых канатов. Данный тип конвейеров является основным объектом исследования, так как именно он способен обеспечить транспортировку сырья на большие расстояния с высокой производительностью. Однако при выборе способа транспортировки насыпных материалов в диапазоне расстояний ленточных и канатно-ленточных конвейеров следует принимать во внимание и альтернативные варианты транспортирования: автомобильный грузовой транспорт, трубопроводный транспорт, железнодорожный транспорт, подвесные воздушно-канатные дороги.

Существуют многочисленные критерии, используемые при выборе оптимального варианта транспортирования из числа альтернативных. В большинстве случаев выбор транспортной системы осуществляется на основе таких факторов, как стоимость самой системы, стоимость монтажа системы, стоимость эксплуатации системы. Первые два фактора объединяют общую величину капиталовложений, а третий — стоимость эксплуатации и техобслуживания. Сумма всех затрат с учетом амортизации за время эксплуатации объекта дает полную или общую стоимость. Как свидетельствует практика, для транспортировки сыпучих материалов на большие расстояния наименьшей общей стоимостью обладают в большинстве случаев канатно-ленточные конвейеры. Все альтернативные варианты транспорта характеризуются набором достоинств и недостатков.

Автомобильный транспорт мобилен и универсален, пригоден для небольших расстояний транспортировки и сроков эксплуатации. Однако он требует высоких эксплуатационных затрат. По трубопроводам можно осуществлять транспортировку на довольно большие расстояния. Этот вид транспорта относится к сравнительно безопасному для окружающей среды, но требующему высоких капитальных затрат при чрезвычайно низкой эксплуатационной эффективности, обусловленной высокими эксплуатационными расходами и большим потреблением энергии. По железным дорогам можно осуществлять транспортировку на дальние расстояния. Но ему также характерны высокие капитальные затраты и весьма ограниченные возможности преодолевать уклоны и подъемы, что в конечном итоге приводит к высоким эксплуатационным затратам на перевозку. По подвесным воздушно-канатным дорогам можно осуществлять транспортировку на дальние расстояния и по резкопересеченной местности, но его транспортные сосуды имеют малую вместимость и грузоподъемность. Конвейерный транспорт, в свою очередь, отличается наименьшими эксплуатационными затратами, но требует существенно больших начальных капиталовложений.

Концепция разделения приводных и несущих элементов системы канатно-ленточного конвейера обеспечивает способность разделения ленты и каната в наиболее важных точках, чтобы контролировать, располагать и выравнивать канаты по строго горизонтальным и вертикальным кривым, в которые хорошо вписываются и лента, и транспортируемый ею материал. В ленточных конвейерах обычного типа горизонтальные и вертикальные кривые ограничиваются растягивающими усилиями, возникающими в различных участках ленты по всей ее длине, и соответствующим рельефом земной поверхности. Эти натяжения особенно чувствительны к неадекватной нагрузке конвейера, а перемежающиеся нагрузки могут создать серьезные проблемы для обычных конвейеров. Также канатно-ленточный конвейер может достичь надежного и точного соблюдения радиуса горизонтальных кривых, независимо от степени загруженности конвейера и без нарушения способности перемещать материал на большие расстояния.

Значительным минусом канатно-ленточного конвейера является стоимость погрузочных и разгрузочных станций. Они обычно выше, чем для обычных конвейеров, из-за необходимости разделения ленты и каната в этих точках и обеспечения для каждого элемента отдельной системы натяжения. Это имеет существенное значение для малых длин транспортирования и простых схем, при которых канатно-ленточные конвейеры могут оказаться менее эффективными, чем традиционные ленточные [4].

Заключение. Анализ транспортных систем показал, что ленточный и канатно-ленточный конвейеры имеют большое количество преимуществ перед другими системами при транспортировании большого объема грузов в пределах экономически целесообразной длины конвейеров. Экономическая целесообразность зависит от необходимой производительности, расстояния между начальным и конечным пунктами и сложностью маршрута. Анализ ленточных конвейеров показал, что при увеличении длины конвейера использование канатно-ленточного конвейера становится предпочтительнее. Это обусловлено тем, что при увеличении длины конвейера затраты на натяжные и приводные станции составляют незначительную часть от общей стоимости конвейера, так как основная стоимость пойдет на закупку ленты и каната. При этом обычные ленточные конвейеры с увеличением длины става становятся менее целесообразными в применении, так как помимо удорожания возрастает нагрузка на несущий элемент (ленту), что плохо сказывается на ее работоспособности и надежности.

Список цитируемых источников

1. Полунин, В. Т. Конвейеры для горных предприятий / В. Т. Полунин, Г. Н. Гуленко. — М.: Недра, 1978. — 311 с.
2. Спиваковский, А. О. Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок / А. О. Спиваковский, М. Г. Потапов. — М.: Недра, 1974. — 440 с.
3. Дьяков, В. А. Ленточные конвейеры в горной промышленности / В. А. Дьяков [и др.] ; под ред. А. О. Спиваковского. — М.: Недра, 1982. — 349 с.
4. Гребенешников, А. Л. Канатно-ленточные конвейеры большой протяженности / А. Л. Гребенешников // Горная промышленность. — № 3. — 2005. — С. 79.

УДК 622.23.05

О. М. Волчек, Ю. М. Наривончик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

НАДЕЖНОСТЬ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ

Введение. Механизированная крепь является одним из основных элементов очистного механизированного комплекса. Данные механизмы применяются для обеспечения надежного состояния кровли в призабойном пространстве лавы. Надежность механизма является основным фактором при их разработке. Это обусловлено тем, что механизированная крепь находится в наибольшей зависимости от природных факторов (мощности пласта, глубины работ состава, строения, физико-механических свойств пород, кровли и почвы, геологических нарушений, обводненности, газообильности, ударо- и виброопасности пластов) [1]. Анализ опыта эксплуатации комплексов с механизированными крепями показал, что несоответствие механизированной крепи только лишь одному фактору горно-геологических условий приводит к снижению производительности комплекса на 20—25%, а при наличии двух-трех осложняющих факторов его производительность снижается в 2—5 раз по сравнению с показателями в условиях, полностью соответствующих характеристике крепи. При этом после монтажа и до полной отработки столба крепь не может быть выведена из взаимодействия с кровлей. Именно по этим причинам обеспечение надежности механизированной крепи в процессе ее эксплуатации является важной и актуальной задачей.

Основная часть. Научное обоснование выбора параметров является важнейшей составной частью процесса по повышению надежности механизированных крепей. Изучая закономерности взаимодействия крепи с кровлей, а также определяя и анализируя зависимость основных показателей проявления горного давления, можно оптимально подобрать параметры механизированных крепей. Несоответствие параметров крепи проявлениям горного давления в лаве переводит процесс взаимодействия крепи с кровлей из управляемого в неуправляемый. Например, недостаточное сопротивление крепи приводит к посадке ее «на жестко» и даже завалу лавы. Более высокое, чем требуется, сопротивление приводит к раздавливанию пород на контактах с крепью. Кроме того, повышенное сопротивление крепи неизбежно ведет к утяжелению ее конструкции, повышению трудоемкости монтажно-демонтажных работ и стоимости комплекса [2].

Применяемость механизированных крепей различного типа рассмотрим на примере рудников ОАО «Беларуськалий». На первом этапе внедрения на рудниках столбовых систем разработок длинными забоями при-

менялись комплектные крепи, в которых две или более секций объединены друг с другом в комплект через гидродомкраты передвижки, причём каждый комплект не связан друг с другом и с забойным конвейером (КМ97Д, 2М81Э). Условия для эксплуатации были весьма благоприятны, так как лавы располагались на участках шахтных полей при отсутствии надработки пласта и влияния соседних отработанных участков. Что касается лав на тонких пластах, то они были оснащены крепями типа 1М-97Д. Данная крепь состоит из отдельных комплектов, в состав которых входят две секции передвижки, связанные между собой у кровли гидродомкратом. Схема передвижки крепи основана на принципе шагания и отталкивания одной секции от другой, при этом секция кинематически не связана с забойным конвейером. Сопротивление крепи на 1 м^2 поддерживаемой кровли составляет $161 \text{ кН} / \text{м}^2$. В результате выполненных работ были установлены основные закономерности проявления горного давления в очистных и подготовительных выработках. Обрушение непосредственной кровли за горного происходит с шагом $2,0\text{—}6,5 \text{ м}$. Выемка нижнего слоя приводит к обрушению основной кровли (вторичные осадки). Шаг обрушения основной кровли — $10\text{—}12 \text{ м}$, высота зоны обрушения — $7\text{—}9 \text{ м}$. При шаге установки крепи в лаве $2,0 \text{ м}$ и ширине призабойного пространства $4,2\text{—}4,4 \text{ м}$ требуемое сопротивление крепи составляет не менее $140 \text{ кН} / \text{м}^2$ при однослойной выемке и не менее $170 \text{ кН} / \text{м}^2$ при двухслойной выемке пласта. Наиболее благоприятные условия поддержания кровли создаются при расстоянии между очистными забоями $4,5\text{—}6,0 \text{ м}$.

В связи с развитием технического прогресса в отрасли комплектные крепи постепенно заменялись более совершенными моделями агрегатных крепей. Под агрегатной (агрегатированной) крепью понимают такую крепь, все секции которой своими домкратами передвижения связаны (агрегатированы) со ставом забойного конвейера. Передвижения секций кинематически взаимоувязаны, вследствие чего секции пригодны для дистанционного и автоматического управления, позволяют сократить время на их передвижки.

В настоящее время на предприятии в забоях широко применяются агрегатные крепи «Хемшайдт 2400-7/14» (Германия), 1М87КС (Дружковский машзавод, Украина), БС2.1П «Вестфалия Люнен» (Германия) и типа «Фазос» (Польша). Особенностью данных механизированных крепей является силовая связь перекрытия с основанием. Эта особенность относит крепи к щитовым, независимо от числа гидравлических стоек, которое может изменяться от одного до четырёх.

Щитовые крепи имеют развитое ограждение, осуществляющее посредством рычажного механизма силовую связь поддерживаемого элемента с основанием. Силовая рычажная связь (четырёхзвенный или лемнистический механизм) служит для стабилизации верхнего строения крепи относительно основания и забоя, а также разрушает стойки от изгибающих моментов.

Основные достоинства щитовых секций крепей: возможность работать с активным подпором без передачи поперечных изгибающих усилий на гидравлические стойки; более цельная и стабильная в силовом отношении конструкция секций, что обеспечивает лучшую устойчивость как верхнего перекрытия и его ограждающей части, так и секции в целом. Представим основные характеристики щитовых крепей (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Основные характеристики механизированных крепей

Показатель	Забойная крепь		Крепь сопряжения	
	2400-7/14 Хемшайдт	Фазос-08/13	Фазос-09/15,5	Фазос-15/31
Рабочий диапазон крепи, м	0,8—1,35	0,95—1,25	1,0—1,45	2,0—3,0
Количество стоек, всего, шт	4	2	2	2
Давление рабочей жидкости в магистрали, МПа	32	32	32	32
Начальный распор стойки комплекта, кН	493	866	866	785
	1 972	1 732	1 732	1 570
Рабочее сопротивление стойки комплекта, кН	600	1 662	1 662	1 500
	2 400	3 324	3 324	3 000
Шаг передвижки, мм	800	800	800	800
Длина по перекрытию, мм	2 400	2 440	2 342	2 180
Ширина крепи по перекрытию, мм	1 500	1 700	1 700	1 575
Высота крепи, мм	1 400	1 300	1 550	3 085
Масса комплекта (секции), кг	3 000	4 852	4 932	2 4764

Механизированная крепь современных узкозахватных комплексов обеспечивает бесперебойную работу выемочных и доставочных машин и безопасность работ в очистном забое. Опыт эксплуатации показывает, что при работе наряду с отказами, вызывающими простои комплекса, т. е. перерывы в работе выемочной и доставочной машины, имеют место такие отказы крепи, устранение которых совмещается с работой основного оборудования (совместные отказы) или может быть отложено на некоторое время (несрочные отказы).

Заключение. Средний срок службы механизированных крепей составляет $5\text{—}7$ лет. В основном надежность и работоспособность крепи зависит от условий эксплуатации и влияния данных условий. Для

сокращения эксплуатационных расходов предусмотрено повторное использование отремонтированных элементов крепи в комплексах, переводимых из одной лавы в другую. Очевидно, что при улучшении режима работы крепей и повышении их надежности можно рассчитывать и на более длительные сроки их службы в шахтах. Изучение способов и факторов, влияющих на надежность механизированных крепей, продолжается и направлено на анализ методов и методик ускоренного испытания машин и их элементов, а также на изучение влияния условий эксплуатации на надежность механизированных крепей.

Список цитируемых источников

1. Опыт и перспективы применения столбовой системы разработки на Старобинском месторождении / Б. И. Петровский [и др.] // Повышение эффективности технологических процессов горных работ на калийных рудниках : сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. и проект. ин-т галургии ; под ред. М. М. Зайцева. — Л., 1980. — С. 48—59.
2. Петровский, Б. И. Разработка пологих пластов лавами на калийных рудниках Республики Беларусь / Б. И. Петровский // Минеральные ресурсы и человек : сб. докл. междунар. научн.-техн. конф., Варна, 17—19 сент. 2002 г. — Варна : Междунар. Дом ученых им. Ф. Ж. Кюри. — 2002. — Т. 2. — С. 157—162.

УДК 65.011.55

А. В. Гладышева, кандидат экономических наук, доцент, **О. Н. Горбунова**, кандидат экономических наук, доцент,
И. Ф. Чепурова, кандидат экономических наук, доцент
Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Тамбов, Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Введение. В современной рыночной среде происходят постоянные изменения, оказывающие сильнейшие воздействия на управленческие структуры предприятий, которые представляют сложные многоуровневые системы. Оптимизированное управление предприятием в современных условиях невозможно без использования автоматизации, а следовательно, и без информационных систем. Информационная система предприятия представляет собой живой организм, для которого набор типовых элементов является уникальным [1].

Основная часть. При формировании системы управления с использованием технических средств зачастую возникает проблема отсутствия общего подхода к внедрению информационных систем в управление, описывающего возможные пути решения интеграционных задач в зависимости от различных классов начальных условий [2—5]. Успешное внедрение информационных систем в процесс управления возможно только с учетом особенностей и уникальности технологий, которые обеспечивают финансово-хозяйственную деятельность конкретного предприятия. Нельзя не отметить, что проект внедрения информационной системы является сложным и дорогостоящим мероприятием при автоматизации деятельности предприятия и сопровождается различными рисками. Первоочередное значение приобретает оценка эффективности этих проектов в решении задач управления предприятием и управления рисками, а также создание систем контроля. Для сокращения рисков управления целесообразно осуществлять активное управление ходом в процессе внедрения информационных систем.

К сожалению, уйти от подобных проблем нельзя, так как существует прочная взаимосвязь оптимизации управления и повышения эффективности производства. Научно-технический прогресс, развитие информатики, занимающейся изучением законов, методов и способов накопления, обработки и передачи информации с помощью различных технических средств, а также ее систематизирования, является основой для совершенствования форм и методов управления. Управление предприятием или другим экономическим объектом возможно только при обмене информацией между различными компонентами системы, а также с обменом информацией системы и окружением. Процесс управления системой неизбежно связан с получением информации: о состоянии системы на каждый контрольный момент времени; о достижении (или недостижении) цели управления (применительно к экономическим объектам целью может являться наибольшая прибыль, наименьшая себестоимость, оптимальная занятость работников, достижение необходимой безопасности и т. п.), или нескольких целей сразу; об отклике системы на управляющее воздействие. Несмотря на существующие национальные и региональные различия в информационном обеспечении менеджмента, принятом в типовой экономической и финансовой отчетности, можно сформулировать общие требования, предъявляемые к информации для управления. Совокупность этих требований предполагает описание характеристик качества информации как исходного ресурса для исследования процесса управления с различных сторон, отражающих различные этапы процесса коммуникации.

Функционирование предприятий в современных условиях ставит новые задачи по совершенствованию управленческой деятельности на основе комплексной автоматизации управления всеми производственными и технологическими процессами, а также трудовыми ресурсами. Рыночная экономика приводит к возрастанию объема и усложнению задач, решаемых в области организации производства, процессов планирования и анализа, финансовой работы, связей с поставщиками и потребителями продукции, оперативное управление которыми невозможно без организации современных информационных систем управления.

В научной литературе отмечается, что современная система управления, которая построена на основе автоматизации и информатизации различных процессов, прошла четыре эпохи, вступив в новую, пятую эру. Эта эра, которую мы сейчас переживаем, — глобальное взаимосвязанное общество, где предприятия могут использовать информационные технологии, чтобы работать с многонациональными и многоязычными деловыми партнерами. На некоторых предприятиях действуют новые интегрированные системы, которые обеспечивают перевод языков и валюты, выполняют это на глобальной основе; эти системы могут обеспечивать единый контакт для глобальных клиентов, удовлетворять их запросы. Предприятия также пользуются сетью Интернет для того, чтобы они могли связаться в любое время и в любом месте со своими клиентами в мировом масштабе. С развитием новых информационных технологий происходит постоянное изменение роли информационных систем управления внутри предприятий. Так, например, на больших предприятиях создаются отделы финансов и людских ресурсов, чтобы управлять финансовыми и людскими ресурсами предприятия. Отделу информационных технологий обычно даются полномочия на управление ресурсами информационных технологий предприятия.

Заключение. В современных условиях развития производства невозможно осуществить оптимизированное управление предприятием без использования автоматизации, а следовательно, и без информационных систем. Определяется устойчивая зависимость совершенствования процесса управления от его автоматизации.

Список цитируемых источников

1. *Гладышева, А. В.* Модификация информационных систем управления предприятием под воздействием современных условий // А. В. Гладышева, О. Н. Горбунова, И. Ф. Чепурова // Техника и технологии: инновации и качество : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 18 дек. 2015 г. / Баранович. гос. ун-т. — Барановичи : БарГУ, 2015. — С. 75—77.
2. 1С:Предприятие 7.7. Комплексная конфигурация «Бухгалтерия + Торговля + Склад + Зарплата + Кадры». — М. : 1С, 1999. — Ч. 1. — С. 39.
3. *Gallagher, G.* How to Develop a Realistic Master Scheduler / G. Gallagher. — Management Review, April, 1980. — P. 19—25.
4. *Гайфулин, Б. Н.* Автоматизированные системы управления предприятиями стандарта ERP/MRP II / Б. Н. Гайфулин, И. А. Обухов. — М. : Богород. печатник, 2001. — 104 с.
5. *Майкл, Л.* Управление снабжением и запасами. Логистика / Л. Майкл, Ф. Харольд. — 11-е изд. — М. : Бизнес Микро, 1999. — 768 с.

УДК 621.98.044.7

А. Н. Матяс, А. И. Горчанин, Н. В. Бурнос, кандидат технических наук, **А. М. Милокова**, кандидат технических наук
Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ УСТАНОВОК ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧЕНИЯ

Введение. В последние годы представители различных как отечественных, так и зарубежных промышленных отраслей проявляют большой интерес к методу магнитно-импульсной упрочняющей обработки металлических изделий (далее — МИО).

Металлические изделия упрочняются за счет устранения дефектов в кристаллической решётке, микроструктура становится более мелкой и однородной, макронапряжения внутри металла выравниваются [1]. Особенно эффективно использование МИО для режущих инструментов, износостойкость которых повышается до 2,5 раза [2].

Основная часть. Магнито-импульсная установка представляет собой шкаф с электроаппаратурой и рабочей зоной со столом, на котором устанавливается индуктор (рисунок 1).

Обрабатываемое изделие помещают в индуктор, надежно закрепляют, проводят МИО, после чего изделие удаляют из индуктора. Формы и размеры изделий весьма разнообразны: сферические, цилиндрические, плоские, сложной формы [3].

Сам процесс упрочняющей обработки с учетом подзарядки конденсаторов занимает секунды. Однако процесс установки изделий в зону обработки и снятия после упрочнения достаточно трудоемкий. Целью данной работы является развитие концепции автоматизации и механизации процесса МИО.



Рисунок 1 — Магнитно-импульсные установки, изготовленные в ФТИ НАН Беларуси

При больших количествах упрочняемых изделий и для достижения высокой производительности работы установки необходимо осуществить автоматизацию и механизацию процесса, в том числе и вспомогательных устройств.

Для автоматизации оборудования можно предложить следующие основные направления разработки конструкций: *универсальная* (для обработки разнообразных типов изделий с программируемыми манипуляторами); *типовая* (для однотипных изделий); *индивидуальная* (для обработки изделий сложной формы).

На размеры и комплектацию установки в большой степени будет влиять тип и размер индуктора. Первый тип — плоский (открытый), когда изделие свободно помещается сверху на рабочую плоскость индуктора и фиксируется прижимом сверху, что позволяет создать установку проходного типа, при необходимости беспрепятственно перемещая изделие в зоне упрочнения. Второй тип — цилиндрический или овальный (закрытый), когда изделие помещается внутри индуктора через входное отверстие и после обработки должно быть удалено из индуктора по направлению подачи. В этом случае замкнутая форма индуктора усложняет конструкцию механизмов загрузки и выгрузки изделий, однако не требует прижима изделия сверху.

Также на конструкцию и комплектацию установки влияет ее требуемая производительность. Очевидно, что с увеличением производительности степень автоматизации должна возрастать, что влечет за собой повышение стоимости оборудования.

Уровень развития и использования современных роботизированных устройств зарубежных фирм (KUKA, SCARA) и отечественных (АГАТ, Rozumrobotics и др.) на промышленных предприятиях значительно возрос и позволяет использовать готовые решения автоматизации оборудования для оснащения МИО. Например, разработанный коллаборативный робот-манипулятор от отечественной фирмы Rozumrobotics может выполнять любые переместительные повторяющиеся операции, перекладывать грузы, использоваться для автоматизации МИО. Такая конструкция может применяться для всех типов и видов производств, однако сдерживающим фактором является относительно высокая стоимость, проведение конструкторско-монтажных работ и программное обеспечение.

При использовании установок МИО на машиностроительных предприятиях в технологических операциях по упрочнению поверхностей металлических изделий, режущих инструментов определенной формы можно предложить более простые конструкторские решения загрузочных и разгрузочных устройств, работающих по требуемому циклу с релейной схемой управления, что значительно снизит их стоимость. В качестве загрузочных и разгрузочных устройств возможно использование разнообразных элементов механики: каретки с электромагнитным захватом, порталы, толкатели и т. д. Конструкция прижима изделия во время МИО должна обеспечить его надежное фиксированное положение на индукторе. Возникают значительные усилия в момент прохождения импульса (до 10 кН).

Целесообразно также рассмотреть возможность использования гидравлических, пневматических, механических и комбинированных прижимных устройств. Узел прижима не должен создавать помех при перемещении изделия.

Заключение. Рассмотрены основные тенденции и требования к конструкции при автоматизации и механизации установок для магнитно-импульсного упрочнения металлических изделий. Предложены некоторые направления разработки компоновок конструкции в зависимости от типа изделия и требований к производительности процесса упрочнения. Высокомеханизированные и автоматизированные комплексы для упрочняющей МИО металлических изделий будут способствовать более широкому применению их на промышленных предприятиях Республики Беларусь и за рубежом.

Список цитируемых источников

1. Алифанов, А. В. Физика процесса магнитно-импульсного упрочнения стальных изделий, расчет индукторов и параметров процесса / Ф. В. Алифанов, Д. А. Ционенко, А. М. Милокова // Перспективные материалы и технологии / под общ. ред. В. В. Клубовича. — Витебск : ВГТУ, 2017. — Т. 2. — С. 31—52.
2. Алифанов, А. В. Технология изготовления и упрочнения высоконагруженных деталей машиностроения / А. В. Алифанов, А. М. Милокова, В. А. Томило. — Минск : Беларус. навука, 2014. — 321 с.
3. Повышение износостойкости ножей для резки сахарной свеклы методами высокоэнергетической обработки / А. В. Алифанов [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : материалы XI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 14—16 сент. 2016 г. : в 3 кн. — Минск : ФТИ НАН Беларуси. — 2016. — Кн. 2. — С. 4—10.

УДК 621.926

О. И. Наливко¹, Л. А. Сиваченко², доктор технических наук, профессор

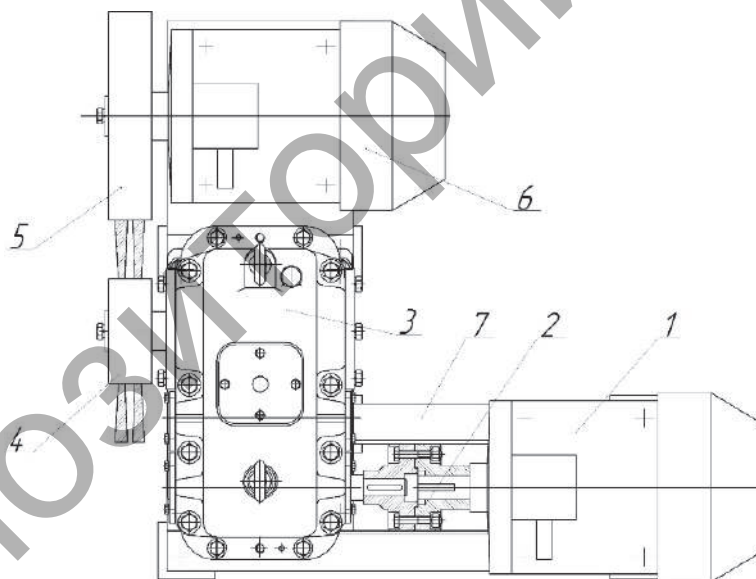
¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», Могилев

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИГЛОФРЕЗЕРНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПЕНОБЛОКОВ

Введение. Измельчение материалов является одним из важнейших технологических процессов, однако измельчающее оборудование для помола отличается разной эффективностью [1]. Многообразие существующих способов измельчения и конструкций для их реализации говорит о несовершенстве применяемых в технике машин. Развитие мельниц идет по многим направлениям, в том числе основывается на принципах минимизации размеров мелющих элементов при создании максимальных контактных напряжений в частицах разрушаемого материала. Одним из новых видов измельчительной обработки является иглофрезерный способ измельчения.

Основная часть. Для проведения экспериментальных исследований разработана опытная установка иглофрезерного измельчителя (рисунок 1).



1 — электродвигатель щёток; 2 — муфта; 3 — редуктор; 4 — щетка;
5 — валок; 6 — электродвигатель валка; 7 — рама

Рисунок 1 — Конструкция иглофрезерного измельчителя

Конструкция содержит два цилиндрических валка, вращающихся навстречу друг другу; один из них является щеточным. Стержни щеточного валка своими торцами интенсивно измельчают сыпучий материал, подаваемый в межвалковое пространство. Подобное решение позволяет интенсифицировать единичные акты разрушения частиц исходного материала и получать готовый продукт с измененными и улучшенными свойствами, например, активировать композиции вяжущих веществ и осуществлять селективное измельчение полезных ископаемых. Кроме того, измельчитель валкового типа может также найти применение при домоле цемента, об-

работке лежалых цементов, а также для придания порошковым продуктам хорошей сыпучести, увеличения их реакционной способности и дезагрегации.

Изготовленная конструкция включает в себя щетки (рисунок 2), которые состоят из стального ворса. Диаметр цилиндрических щеток — 180 мм, ширина — 10 мм. Рабочий валок включает в себя две соединенные между собой щетки. Представим общий вид иглофрезерного измельчителя (рисунок 3).

Рассмотрим технические характеристики иглофрезерного измельчителя (таблица 1).

В качестве объекта для измельчения использовались отходы строительного материала — пеноблок марки 1200. Известно, что измельченные фракции этого материала могут быть в дальнейшем использованы в качестве добавок в различные виды строительных смесей.

Материал после обработки в иглофрезерном измельчителе был разделен на фракции 7; 5; 3; 2; 1; 0,5 мм и менее (рисунок 4).



Рисунок 2 — Общий вид рабочего органа



Рисунок 3 — Общий вид иглофрезерного измельчителя

Т а б л и ц а 1 — Технические характеристики иглофрезерного измельчителя

Наименование показателя	Числовое значение
Максимальный размер обрабатываемого материала, мм	12
Максимальная прочность частиц измельчаемого материала $R_{сж}$, МПа	90
Мощность приводного электродвигателя, кВт	3,0
Частота вращения вала электродвигателя, об./мин	2 905
Напряжение питания электрической сети, В	380
Частота вращения приводного валка, об./мин	146
Габаритные размеры:	
длина, мм	1 000
ширина, мм	800
высота, мм	500
масса, кг	1 000



Рисунок 4 — Фотографии фракций измельченного материала

Для сравнительного анализа были произведены эксперименты с различным значением усилия прижатия щётки к валку (1 и 3 мм). Представим результаты испытаний (рисунок 5).

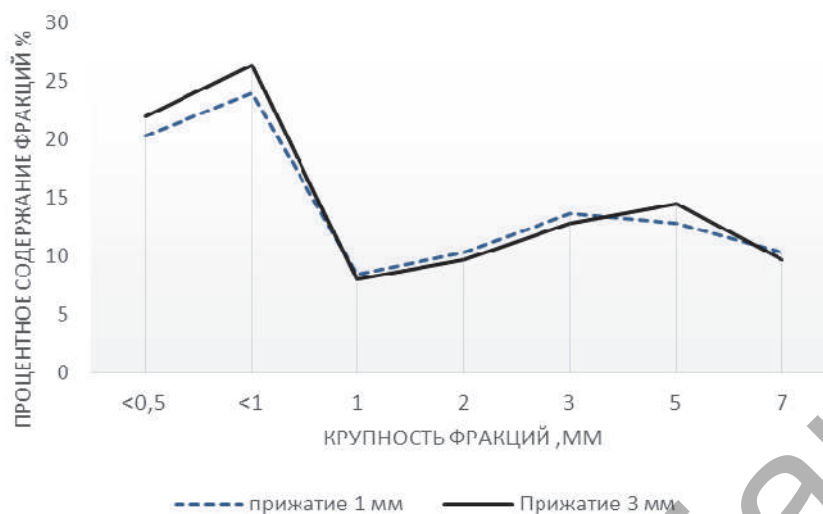


Рисунок 5 — Гранулометрический состав измельченного материала при различной степени прижатия

Как видно из рисунка 5, применённые величины усилий прижатия щётки к валку не оказывают значительного влияния на гранулометрический состав измельченного материала.

Заключение. Проведенные эксперименты позволяют судить об эффективности предложенного способа измельчения анизотропных материалов. Иглофрезерный измельчитель обладает целым рядом отличительных признаков, которые способны обеспечить его эффективное использование, в том числе значительные контактные напряжения при измельчении, большое число рабочих зон, хорошая демпфирующая способность, самоочищаемость, высокая износостойкость и др.

Задачами дальнейших исследований по изучению эффективности использования иглофрезерных измельчителей являются разработка технологии изготовления крупных рабочих органов (валков), исследование влияния видов материала на параметры процесса, а также определение области их рационального использования.

Список цитируемых источников

1. Зубаков, А. П. Вальцевый пресс с протяженной зоной уплотнения материала и съемными формующими элементами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.13 / А. П. Зубаков ; БГТАСМ. — Белгород, 2002. — 24 с.

УДК 621.926.3

Л. Л. Сотник¹, Л. А. Сиваченко², В. С. Севостьянов³

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», Могилев

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», Белгород, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ТОЧКИ ВАЛКА ВИБРОВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Введение. Рост строительной индустрии в условиях рыночной экономики создает необходимые условия для развития новых областей использования и технологий производства современных строительных изделий.

В связи с развитием современных технологий появляется необходимость создания новых измельчителей для грубого и тонкого измельчения материалов, широко используемых при производстве различных строительных изделий [1; 2].

В нашей стране ряд перспективных технологий и оборудование находятся лишь на стадии проектирования. Поэтому необходимы всесторонние исследования по совершенствованию процесса измельчения, а также поиск нетрадиционных решений, позволяющих с минимальными капитальными затратами осуществить внедрение передовой техники и технологии селективного помола в различных отраслях промышленности.

Основная часть. В последние годы во многих отраслях промышленности для дробления, измельчения, помола и переработки материалов с различными физико-механическими характеристиками широко используются пресс-валковые агрегаты, реализуемые по различным технологическим схемам.

Анализ условий разрушения материалов показывает, что для достижения минимальных энергозатрат необходимо обеспечить рациональное сочетание раздавливающих и сдвиговых деформаций [1].

Такое сочетание в пресс-валковых агрегатах может быть достигнуто при различных вариантах технологических схем. Предлагаемый нами вариант с эксцентрично установленным валком ($e_1 = 0, e_2 = e$). При равных радиусах валков $R_1 = R_2 = R$ и различной частоте их вращения $n_1 \neq n_2$. При этом материалу predается дополнительное ударное воздействие [3; 4].

Исследуем движение эксцентрично установленного валка (рисунок 1).

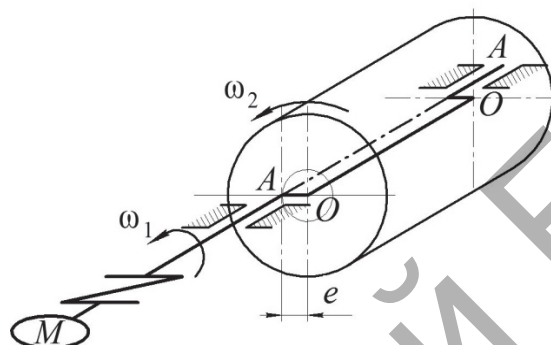


Рисунок 1 — Схема эксцентрично установленного валка

Моделировать соединение валка с осью AA ротора электродвигателя M можно посредством коленчатого вала. Функцию кривошипа выполняет цилиндрический эксцентрик, жестко соединенный с осью AA . Его собственная ось симметрии OO сдвинута относительно оси ротора AA на расстояние e , называемое эксцентриситетом [5].

Валок совершает сложное движение, при котором эксцентрик вращается с угловой скоростью ω_1 , а валок с относительной скоростью ω_2 — вокруг оси симметрии OO эксцентрика. Правый валок приводится во вращательное движение посредством сил сцепления, возникающих в зоне контакта с измельчаемыми фракциями. Эти силы, как известно, зависят от таких нестабильных факторов, как нормальное давление в зоне контакта и коэффициент трения скольжения. Поэтому величина ω_2 устанавливается приближенно из опытов.

Для определения скоростей произвольной точки M валка будем рассматривать его составное движение как плоскопараллельное. В качестве полюса примем точку O (рисунок 2).

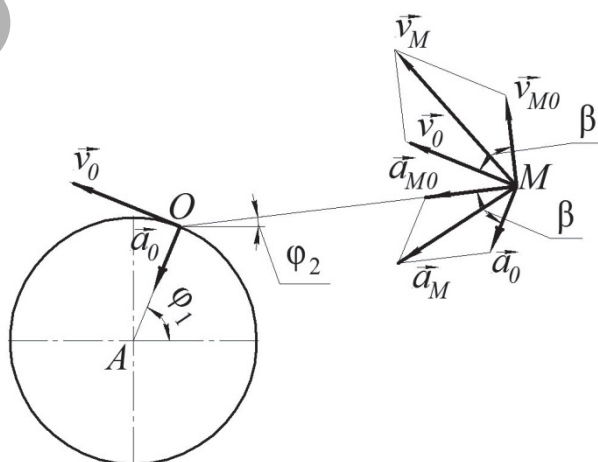


Рисунок 2 — Определение скоростей и ускорений точки M

Тогда $\vec{v}_M = \vec{v}_0 + \vec{v}_{M0}$, где \vec{v}_0 — скорость полюса O ; $\vec{v}_{M0} = \vec{v}_2$ — скорость точки M относительно O . Геометрическое суммирование векторов \vec{v}_1 и \vec{v}_2 показано на рисунке 2.

По теореме косинусов находим: $v_M = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \beta}$.

Аналогично определяем ускорение: $a_M: \vec{a}_M = \vec{a}_0 + \vec{a}_{M0}$, $\vec{a}_0 = \vec{a}_1$, $\vec{a}_{M0} = \vec{a}_2$, $a_M = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos \beta}$, где нормальные ускорения a_1 и a_2 определяются по формулам: $a_1 = \omega_1^2 r$ (м/с²), $a_2 = \omega_2^2 r$ (м/с²); угол $\beta = \varphi_1 - \varphi_2$.

При измельчении материала эксцентрично установленным валком осуществляется постоянное изменение значения окружной скорости на рабочей поверхности вала, при этом создается интенсивное сдвиговое деформирование слоя измельчаемого материала.

Заключение. Проведенный теоретический анализ движения вала, установленного на эксцентриковом вале, описывает кинематические параметры рабочего процесса, позволяет установить закономерности функционирования вибровалкового измельчителя как сложной технической системы.

Применение эксцентрично установленного вала позволяет создавать раздавливающе-сдвиговое деформирование, которое благоприятно сказывается на энергозатратах при измельчении материалов.

Список цитируемых источников

1. Романович, А. А. Основы расчета и проектирования пресс-валковых агрегатов для измельчения анизотропных материалов : монография / А. А. Романович, А. В. Колесников. — Белгород : Изд-во БГТУ, 2011. — 165 с.
2. Богданов, В. С. Процессы в производстве строительных материалов / В. С. Богданов, А. С. Ильин, И. А. Семикопенко. — Белгород : Везелица, 2007. — 512 с.
3. Сиваченко, Л. А. Вибровалковый измельчитель и основы его проектирования / Л. А. Сиваченко, И. А. Богданович, Л. Л. Сотник // Современные технологии и методы проектирования в строительстве : сб. науч. тр. — Луцк : ЛНТУ, 2016. — № 6. — С. 32—39.
4. Сиваченко, Л. А. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя / Л. А. Сиваченко, Л. Л. Сотник // Вестн. БарГУ. Сер. Технические науки. Вып. 5. — Барановичи, 2017. — С. 87—92.
5. Сотник, Л. Л. Кинематический анализ эксцентрикового вибровалкового измельчителя / Л. Л. Сотник, С. И. Русан, Л. А. Сиваченко // Ударно-вибрационные системы и машины для строительной и горной отраслей : материалы VI Междунар. науч. симпозиума, Орел. — Орел : ОГУ им. Тургенева, 2017. — С. 233—241.

УДК 62-519

Н. Н. Черкасов, В. В. Малеронок

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

Введение. Существуют производства, на которых без удаленного управления процессами обойтись просто невозможно: как правило, на этих предприятиях ведется работа с опасными веществами либо в труднодоступных местах. Однако считать, что система дистанционного управления нужна только там, — заблуждение, и это понимает любой специалист, который знает, какие выгоды она сулит. В инженерной сети, которая включает объекты, далеко расположенные друг от друга, можно мгновенно отреагировать на аварию или несанкционированный расход ресурсов, а это очень существенная экономия.

Между тем бережливость — веяние нашего времени. Сегодня многие компании видят выгоду не в том, чтобы внедрить дешевое решение, а в том, чтобы новое внедренное решение в дальнейшем помогло избежать неразумных растрат.

Для дистанционного управления процессами применяют следующие телекоммуникационные технологии: компьютерные сети (для передачи данных); телефонные сети (передача голосовой информации); радиосети (передача голосовой информации — широковещательные услуги); телевизионные сети (передача голоса и изображения — широковещательные услуги) [1].

Получаемые данные должны быть доступны для дальнейшей обработки и анализа. Система должна быть открыта с точки зрения применяемых протоколов, средств связи и общепринятых мировых стандартов.

Основная часть. Комплекс дистанционного управления создается из набора стандартных компонентов, благодаря чему приобретает гибкость. Комплекс дистанционного управления процессами оснащен всеми необходимыми средствами для передачи данных; связь с системой управления предприятием или диспетчерским центром осуществляется по протоколу Ethernet или по другим специализированным протоколам.

В целом любой современный человек может себе представить, что такое управление техническими устройствами на расстоянии. Однако давайте посмотрим конкретнее, для чего предназначен комплекс дистанционного управления процессами и какие возможности он дает.

Итак, он применяется для следующих задач: дистанционного управления технологическим оборудованием; дистанционного контроля технологических параметров, отвечающих за работу системы; дистанционного сбора данных об энергопотреблении, расходах физических сред; оптимального управления насосами и обеспечения необходимого давления в контрольных (диктующих) точках сети (вследствие чего снижаются затраты на потребление электроэнергии); контроля протечек и прорывов в трубопроводах; архивного хранения и анализа данных о работе системы.

У этой системы есть два несомненных преимущества. Во-первых, масштабируемость: такую систему можно установить как на целом предприятии, так и в какой-то отдельной точке для решения локальных задач. Во-вторых, для подобной системы безразлична степень удаленности оборудования, над которым осуществляется контроль, потому что данные передаются через GPRS-канал.

Установив комплекс дистанционного управления процессами, предприятия (или другие организации) получают следующие преимущества: централизованное управление процессом; работа систем контролируется в реальном времени, вся информация, поступающая от объектов (параметры процесса, происходящие события, аварии), сохраняется в базе данных и может быть использована для анализа и отчетов; собирается и анализируется информация с удаленных систем учета (анализаторы сети, счетчики, расходомеры и т. д.); на базе обработанной информации можно эффективно планировать производственный процесс.

В качестве примера рассмотрим, как работает комплекс дистанционного управления на водоканалах (рисунок 1).

Архитектура такой системы включает четыре уровня управления.

1. Станции скважных насосов первого подъема. Скважные насосы первого подъема забирают воду и подают ее в буферную емкость. При этом контроллер управления каждого скважного насоса первого подъема выполняет ряд функций: собирает информацию с анализаторов сети, установленных во вводных распределительных щитах, с расходомеров воды и с датчиков в рабочем помещении; выдает управляющие сигналы на частотные преобразователи или устройства плавного пуска, управляющие скважными насосами; контролирует уровень воды в буферной емкости; производит обмен информацией со станцией диспетчера через GPRS-канал.

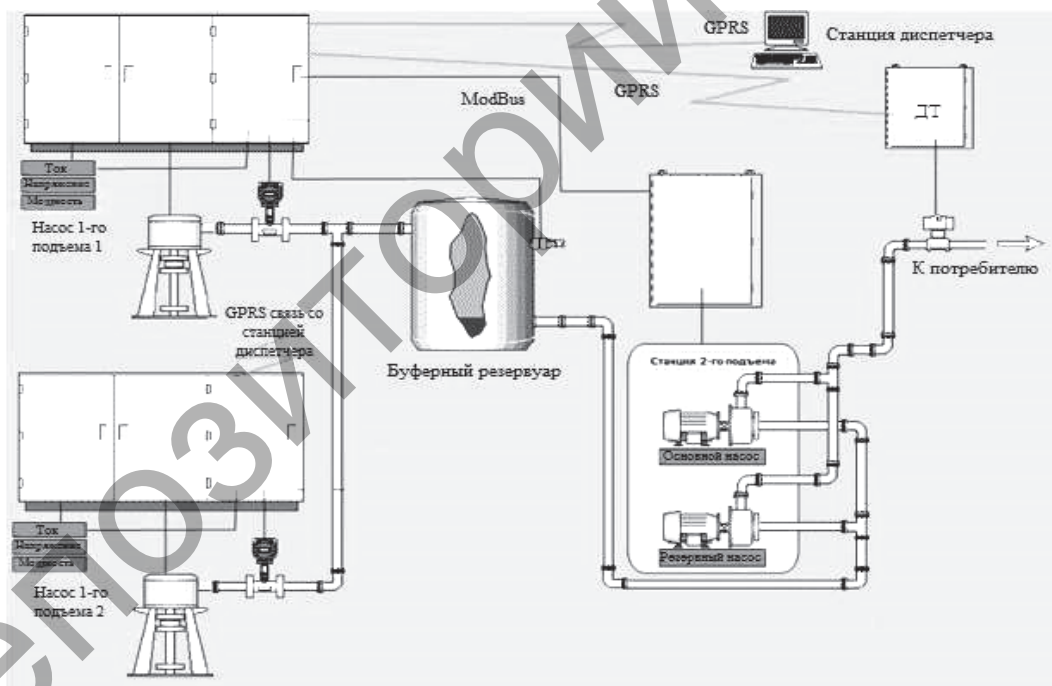


Рисунок 1 — Схема работы системы дистанционного управления на водоканале [2]

2. Насосная станция второго подъема. Насосы второго подъема обеспечивают подачу воды из буферной емкости к потребителю. Контроллер управления насосной станцией второго подъема осуществляет свои функции: собирает информацию с анализатора сети, установленного во вводном распределительном щите, с датчиков в помещении насосной станции, с датчика уровня воды в буферной емкости; подает управляющие сигналы на частотные преобразователи, управляющие насосами второго подъема; производит обмен информацией со станцией диспетчера через GPRS-канал.

3. Диктующая точка. Задача этого уровня — поддерживать постоянное давление на стороне потребителя. Контроллер диктующей точки выполняет следующие действия: через GPRS-канал передает значения давления воды в магистрали потребителя на контроллер, управляющий насосной станцией второго подъема; собирает

информацию с датчиков в помещении диктующей точки; производит обмен информацией со станцией диспетчера через GPRS-канал.

4. Станция диспетчера. На этом уровне осуществляется сбор и обработка информации о работе всей системы: отображается информация о работе насосов первого подъема и насосных станций второго подъема; производится управление насосами первого подъема и насосными станциями второго подъема; отображаются и архивируются данные о потреблении электроэнергии и воды.

Система управления водоснабжением реализована на базе GPRS, благодаря чему доступ к веб-интерфейсам контроллеров управления насосами и диктующей точки обеспечивается через сеть Интернет.

Система дистанционного управления водоснабжением выполнена на базе оборудования компании PhoenixContact. Управление системой реализовано на контроллерах ILC-130. Передача технологических параметров через GPRS выполнена с помощью промышленных GSM-модемов PSI-MODEM-GSM/ETH.

Заключение. Дистанционное управление предназначено для управления технологическими процессами или производственным оборудованием с рабочих мест, расположенных за пределами опасной зоны, что позволяет наблюдать за ходом выполнения работ визуально или с помощью средств сигнализации. Выбор способа управления зависит от конструкции оборудования, степени опасности производственного фактора, необходимости точного соблюдения дистанции и др. Наиболее эффективным является применение электрических систем дистанционного управления из-за простоты их устройства, безынерционности и возможности управления с больших расстояний.

Список цитируемых источников

1. Основные направления развития телекоммуникационных технологий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.lessons-tva.info/edu/tss_tmm_tech/network_tech.html. — Дата доступа: 10.10.2017.
2. Нити кукловода. Система дистанционного управления процессами [Электронный ресурс] // ИСУП. — 2012. — № 6 (42). — Режим доступа: <http://isup.ru/articles/3/3316/>. — Дата доступа: 10.10.2017.

СЕКЦИЯ 5

АДАПТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

УДК 631.3

В. А. Бурдейко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ МАШИН ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА

Введение. При выращивании экологически чистого картофеля на большинстве машин для сбора и уничтожения колорадского жука кроме основных рабочих органов для сбора колорадского жука также устанавливаются рабочие органы для их уничтожения [1].

Основные рабочие органы для сбора колорадского жука: ударно-стряхивающие, счесывающе-сгребные, стряхивающе-счесывающие, комбинированные счесывающе-ударные, комбинированные счесывающе-вибрационные. Наиболее перспективными рабочими органами машин для сбора колорадского жука являются комбинированные счесывающе-ударные и счесывающе-вибрационные [2]. В дальнейшем на данные машины будут установлены другие основные рабочие органы для рыхления междурядий картофеля, внесения минеральных удобрений, распределения водных экологически чистых растворов для борьбы с колорадским жуком, который остается после сбора этих насекомых комбинированной машиной.

Цель статьи — составление классификации и рассмотрение основных достоинств и недостатков рабочих органов для уничтожения колорадского жука, а также определение из них ряда наиболее перспективных.

Основная часть. Основные рабочие органы для уничтожения колорадского жука получили наибольшее распространение по принципу действия (механические) и по конструкции: вальцовые, колесные, катковые, дисковые, дисково-ножевые, шестеренчатые, лопастные, лепестковые.

Вальцовые представляют собой пару плотно прилегающих друг к другу стальных валков, поверхность которых чаще всего бывает гладкой. Перспективными валками являются валки с прямолинейным или спиральным рифлением. Валки могут быть стальными или полимерными с рифленой поверхностью; или же основная цилиндрическая часть — стальная, а бандажный рифленый цилиндр — полимерный. Для снятия раздавленной массы между валками устанавливают рядом с каждым валком прямоугольный упругий подпружиненный полимерный чистик, причем набор плоских пружин может быть расположен внутри скребка под прямым углом к полосе соприкосновения катка со скребком. Валки вращаются навстречу друг к другу, ведущий связан с приводом, ведомый вращается от ведущего за счет передачи движения трением. Вход валков сопряжен с лотком, по которому поступают к нему колорадские жуки с помощью шнека или за счет силы тяжести самих жуков. Рассмотрим схему колесно-каткового рабочего органа (рисунок 1).

Устройство для уничтожения колорадского жука состоит из корпуса 1, опорно-приводного колеса 2, в соприкосновении с которым находится ролик 3. Колорадские жуки, попавшие с нижней поверхности листьев ботвы картофеля в кольцевой желоб колеса 2, раздавливаются катком 3, который, вращаясь, прижимает массу жуков к ободу колеса. Поверхность катка 3 и колеса 2 очищаются от остатков раздавленной массы чистиками 4 и 5 соответственно. Колесо, перекачиваясь по поверхности поля, приводится во вращение при воздействии силы тяги на устройство.

За более чем полувековой период запатентовано (в основном в СССР) несколько сотен изобретений на машины и устройства для сбора и уничтожения колорадского жука [4—6], причем большинство из них малоэффективны, достаточно сложны по конструкции (как машины в целом, так и их рабочие органы и приводы). Чаще всего такие машины и устройства с высоким энергопотреблением и металлоемкостью. Более того, имеются такие изобретения, которые не могут быть применены на практике. Например, запатентована сложная система машин для насыщения водой картофельного поля после уборки картофеля, для того чтобы при замерзании почвы в зимний период колорадские жуки погибали. Еще есть изобретение сложной в реализации машины, в которой лепестковый измельчитель вместе с фартуком снимает по частям ботву и жуков, тем самым одновременно измельчая их вместе. Чтобы уничтожить колорадских жуков, которые не попали к рабочим органам для измельчения, установлен опрыскиватель с раствором ядохимикатов.

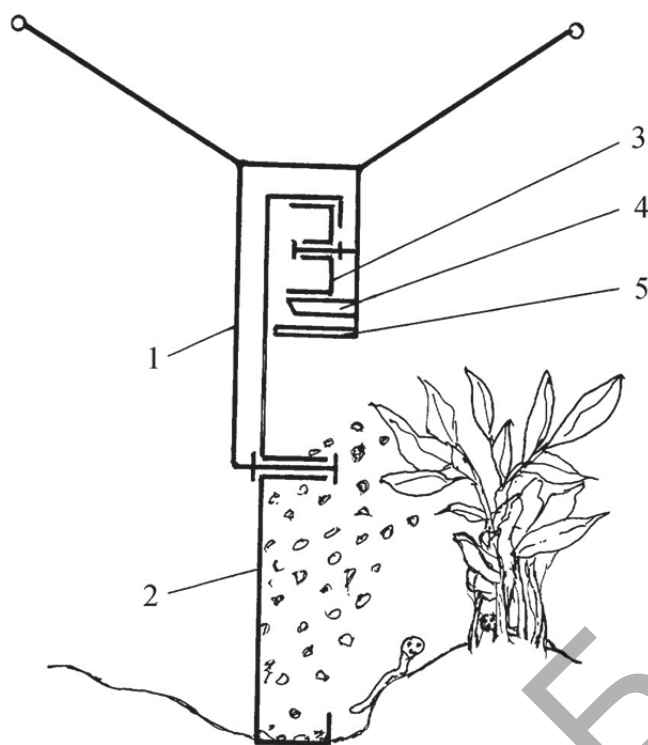


Рисунок 1 — Схема колесно-каткового рабочего органа [3]

Наиболее перспективными рабочими органами для уничтожения колорадского жука являются комбинированные рабочие органы, состоящие из пары вальцов, со спиралевидным рифлением, изготовленных из полимерных материалов, в целях снижения металлоемкости и энергопотребления.

Рассмотрим подробную характеристику основных рабочих органов для уничтожения колорадского жука, их эффективность и применяемость (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Достоинства и недостатки основных рабочих органов для уничтожения колорадского жука

Наименование основного рабочего органа	Уровень сложности и металлоемкости	Энергопотребление	Широта применяемости
Вальцовые: – стальные с гладкой поверхностью – стальные с рифленой поверхностью – полимерные со спиралевидным рифлением	Средний Средний Низкий	Среднее Среднее Низкое	Высокая Средняя Высокая в перспективе
Колесно-катковые	Средний	Высокое	Средняя
Дисковые/дисково-ножевые	Высокий	Высокое	Низкая
Шестеренчатые	Средний	Высокое	Низкая
Лопастные, лепестковые	Высокий	Высокое	Низкая

Вывод. Данная классификация рабочих органов для уничтожения колорадского жука при выращивании экологически чистого картофеля характеризует развитие их конструкций в целях повышения полноты уничтожения данного вредителя сельскохозяйственных растений, снижения стоимости, энергоемкости и энергопотребления.

Наиболее перспективными рабочими органами для уничтожения колорадского жука являются комбинированные с полимерными вальцами и спиралевидным рифлением.

Список цитируемых источников

1. Бурдейко, В. А. Перспективные методы и средства для сбора и уничтожения колорадского жука / В. А. Бурдейко, Ю. И. Шадид // Технологии, экономика и право: актуальные проблемы и инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 20—21 нояб. 2014 г. / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), А. К. Гавриленя (отв. ред.) [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2014. — С. 139—142.

2. Бурдейко, В. А. Перспективные рабочие органы машин для сбора колорадского жука / В. А. Бурдейко // Техника и технологии: инновации и качество : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 18 дек. 2015 г. / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач (отв. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2015. — С. 7—8.
3. Устройство для борьбы с колорадским жуком [Электронный ресурс] : пат. Ru 2202883C2 МПК А01М5/04 / И. И. Одинцов // Рос. банк патентов. — Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/362140>. — Дата доступа: 10.09.2017.
4. Устройство для сбора и уничтожения насекомых [Электронный ресурс] : пат. Ru 2007082C1 МПК А01М 5/08 / Н. И. Афанасенко [и др.] // Информ. портал рос. изобретателей. — Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/2007082.html>. — Дата доступа: 12.09.2017.
5. Устройство для механического стряхивания колорадского жука с растений [Электронный ресурс] : пат. М 715076, кл. А 01 М 5/08 / К. Р. Уразаков [и др.] // Информ. портал рос. изобретателей. — Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/181/1813391.html>. — Дата доступа: 17.09.2017.
6. Устройство для сбора и уничтожения колорадского жука [Электронный ресурс] : пат. М 715076, кл. А 01 М 5/08 / С. К. Дерябин, Е. В. Четвергов // Нац. цифровой ресурс «Руконт». — Режим доступа: <http://rucont.ru>. — Дата доступа: 10.09.2017.

УДК 636.2:57.017.5(476.2)

В. В. Валетов, доктор биологических наук, профессор, **Е. Ю. Гуминская**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина», Мозырь

ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КОРОВ И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ, В УСЛОВИЯХ КСУП «КОЗЕНКИ-АГРО»

Введение. Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016—2020 годы предусмотрено к 2020 году увеличение объемов производства продукции животноводства в хозяйствах всех категорий на 18,3% к уровню 2015 года; достижение объемов производства молока к 2020 году — на уровне не менее 9 200 тыс.; получение в молочном скотоводстве 8—9 тыс. кг молока от одной коровы в год [1]. Достижение таких показателей возможно только при ведении интенсивного производства, основа которого — стабильное воспроизводство стада крупного рогатого скота. Однако в последние десятилетия воспроизводительные способности у высокопродуктивных коров значительно снизились. Уменьшился период хозяйственного использования коров (2—3 года) [2; 3], увеличился межотельный период (свыше 12 мес.), тем самым увеличился сервис-период (120 дней и выше) как результат многократных безрезультатных осеменений. В связи с этим важна работа по управлению воспроизводством стада.

Цель — изучить особенности проявления воспроизводительной функции и факторы, ее определяющие, в условиях КСУП «Козенки-Агро».

Основная часть. Работа проводилась в КСУП «Козенки-Агро». Использованы данные зоотехнического и ветеринарного учета, результаты анализа воспроизводства крупного рогатого скота, данные диагностики акушерских и гинекологических заболеваний [4] по 466 коровам, проводимой регулярно в течение года сотрудниками кафедры биологии и экологии МГПУ им. И. П. Шамякина. Биохимические исследования крови проводили в биохимической лаборатории кафедры.

Сервис-период по исследуемым животным составил $102,7 \pm 7,8$ дней; количество дней от отела до первого осеменения — $69,5 \pm 3,5$; среднее число осеменений — $1,54 \pm 0,08$; средний интервал между осеменениями составил $51,9 \pm 2,9$ дней. Из акушерских и гинекологических заболеваний послеродовые эндометриты составляют 83%. При несовершенном или неполном лечении животных с послеродовыми воспалительными процессами половых органов нередко после клинического выздоровления возникают осложнения в виде скрытого эндометрита (у 63% коров). При этом оплодотворяемость переболевших эндометритом коров ниже, чем у здоровых животных, и составляет $43,4 \pm 3,8\%$.

В условиях хозяйства животные содержатся на привязи в двух коровниках. Каждый день животных выгоняют на прогулки в выгульные дворики, а в летнее время — на 3—4 часа на пастбище. Кормят моносмесью из кормораздатчиков. Основу рациона составляет кукурузный силос, а в летнее время в рацион вводят зеленую массу. Принимают отелы в родильном отделении. Нередко после отела у животных развивались воспалительные процессы, особенно часто у животных первого и второго отелов.

В хозяйстве пик отелов приходится на весеннее время года — 38,04%. В зимние и летние месяцы отелов было значительно меньше — 21,2 и 28,5% соответственно. Наименьшее количество отелов приходится на осенний период — 12,3%. Такое распределение отелов в течение года приводит к недополучению молока.

Возраст животных в период исследования оказался примерно одинаков — $5,4 \pm 0,16$ года, следовательно, не повлиял существенно на распределение отелов по сезонам года.

Первое осеменение коров проводили без учета времени проявления половых циклов. Средний интервал от отела до первого осеменения во все сезоны года превысил физиологически обоснованные нормы (54—75 дней). Превышение от среднего значения (65 дней) зимой, весной и летом составляло больше 10 дней, а в осеннее время — 32 дня. У ряда животных задержка осеменения могла быть связана с тяжелыми воспалительными

процессами в половых путях или функциональными расстройствами, которые нарушали проявление половой цикличности.

Оплодотворяемость после первого осеменения приближалась к 50%, что для высокопродуктивных животных является удовлетворительным показателем. Однако в зимний, весенний и летний периоды этот показатель был ниже стандартного (55%) на 12,7 и 10% соответственно. Снижение оплодотворяемости вызвало увеличение числа осеменений в эти периоды до 1,9, 1,7 и 1,5. Задержка первого осеменения по различным причинам, некоторое снижение оплодотворяемости и увеличение числа осеменений привели к увеличению сервис-периода. Этот показатель независимо от сезона года превышал стандартный показатель (85 дней) почти в 1,5 раза.

Процент животных с акушерскими и гинекологическими заболеваниями после отелов зимой составил 23,8%, после весенних отелов — 30,6%, летних и осенних — 32,6 и 12,8%. Во все сезоны заболеваемость животных была высокой.

Воспроизводительная способность коров во многом определяется временем первого осеменения после отела. От этого зависит оплодотворяемость и особенно сервис-период. В европейских странах с развитым животноводством рекомендуется осеменять коров через 45 дней после отела, в США — не ранее 54 дней.

Среди коров анализируемой группы у большинства животных (40,4%) первое осеменение проведено слишком поздно — через $126,6 \pm 6,3$ дня. У 39,2% коров интервал до первого осеменения не превышал 45 дней, и только 20,3% животных были осеменены в оптимальный период (46—74 дня).

При первом осеменении в период до 54 дней у 71% животных сервис-период составил 85 дней и менее, у 15,7% — 121 день или более. При осеменении в оптимальные сроки (55—74 дня) у 61,4% животных сервис-период составил 85 дней и менее. При задержке первого осеменения до 75 дней и более абсолютное большинство животных (49%) имели сервис-период 121 день и более. Сервис-период продолжительностью 86—120 дней был только у 37,8% животных.

Таким образом, задержка первого осеменения после отела по различным причинам приводит к увеличению продолжительности сервис-периода, несмотря на заметное увеличение оплодотворяемости и уменьшение числа осеменений. Большая продолжительность сервис-периода может быть связана и с длительными интервалами между неплодотворным и повторным осеменениями. В хозяйстве продолжительность таких интервалов слишком велика.

Во все сезоны года повторные осеменения проводились через 49 дней и более — 48—60,5% случаев. Через нормальные промежутки (18—24 дня) осеменяли не более 11,7% животных; обычно же в эти сроки необходимо осеменять повторно не менее 53% животных. Уменьшение частоты нормальных интервалов указывает на погрешности в выявлении животных в охоте; возможно также увеличение частоты эмбриональной смертности.

При анализе распределения интервалов между осеменением в зависимости от сезона первого осеменения установлено, что наиболее низкий процент нормальных интервалов был в весеннее время (1,5%). Процент удвоенных промежутков значительно выше в летнее время (15,7%), что превышает стандартный показатель. Это может быть связано и с пропусками очередной охоты вследствие погрешности в ее выявлении, а также с нарушением половой цикличности в результате несбалансированного кормления. Частота промежутков в 49 дней и более наивысшая зимой, весной и осенью — 60,4, 60,5 и 60,3% соответственно.

Анализируя частоту различных интервалов между осеменениями у здоровых и больных животных, можно заметить, что у всех очень малая частота нормальных интервалов — 3,72 и 2,08%. Преобладают интервалы длительностью 49 дней и более. У больных животных таких интервалов 70,13%, у здоровых — 68,47%. Причиной этого могут быть предыдущие заболевания, пропуски охоты, инфекционные болезни.

Больше половины животных (67,2%) в анализируемой группе не имели акушерских и гинекологических заболеваний. Однако у них период до первого осеменения в 1,4 раза, а до плодотворного в 1,3 раза превышает допустимые нормы. Это может быть связано с погрешностями в выявлении охоты, пропусками ее, эмбриональной смертностью. Число осеменений не превышает стандартный показатель — 2. Оплодотворяемость у здоровых животных несколько выше (47,2%), чем у больных (45,1%), но различия не существенны.

У животных с заболеваниями количество осеменений на оплодотворение не увеличилось (1,6), но периоды до первого и плодотворного осеменения даже меньше, чем у здоровых ($76,5 \pm 4,8$ и $108,2 \pm 6,3$ дня соответственно).

Увеличение периода до первого осеменения и в последующем низкая оплодотворяемость также, возможно, связаны с нарушением обмена веществ. Повышенное содержание глюкозы в крови коров ($4,742 \pm 0,19$ ммоль / л при норме 2,20—3,30) и молочной кислоты ($5,19 \pm 0,41$ ммоль / л при норме 0,99—1,43) свидетельствует о повышенном поступлении с рационом легкоферментируемых углеводов (крахмал (с концентратами)) и низком поступлении клетчатки (удовлетворенность составила 58%). Это, в свою очередь, приводит к уменьшению образования микроорганизмами рубца уксусной кислоты с одновременным увеличением пропионовой кислоты. В результате на некоторое время увеличивается количество молока, но, так как не хватает уксусной кислоты для производства жиров, уменьшается его жирность. Увеличение пропионовой кислоты ведет к запасанию жира и увеличению живой массы животных вместо использования ее для синтеза молока. Только при повышенном содержании крахмала в рационе он превращается в рубце в лактат (эфир молочной кислоты), в результате чего в рубце повышается кислотность и прекращается ферментация клетчатки. Первым признаком такого состояния является отказ животного от корма. Глюкоза у жвачных животных образуется только в печени и не всасывается через стенки пищеварительного тракта. Однако при повышенном содержании крахмала в рубце он не успевает ферментироваться и поступает в тонкую кишку, где продолжают процессы фермента-

ции и уже через стенки тонкой кишки глюкоза попадает в кровь, а затем в печень, являясь дополнительным источником глюкозы. Эта дополнительная глюкоза используется организмом на запасание жира и ведет к увеличению живой массы животных, т. е. ожирению.

В результате длительное скармливание такого рациона приводит к ожирению печени, кетозу, дистоции, провоцируя тем самым воспалительные процессы в половых органах, и является фактором, снижающим воспроизводительную способность коров.

Заключение. Существенной связи между показателями воспроизводительной способности животных и сезоном года, а также возрастом не выявлено. У 40,4% животных первое осеменение было осуществлено в период 75 дней и более после отела ($126,6 \pm 6,3$ дня). Сервис-период при этом составил $163,7 \pm 8,4$ дня, число осеменений на оплодотворение — $1,6 \pm 0,8$, оплодотворяемость — 60%. У животных, осемененных до 54 дней, показатели оплодотворяемости и числа осеменений были наиболее низкими — 46,3 и 1,8% соответственно. В 48—60,5% случаев повторные осеменения проводились через 49 дней и более. У 67,2% животных не регистрировались акушерские и гинекологические заболевания. Однако у них период до первого осеменения в 1,4 раза, а до плодотворного в 1,3 раза превышает допустимые нормы. Оплодотворяемость у здоровых животных несколько выше, чем у больных.

Список цитируемых источников

1. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016—2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585 [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 марта 2016 г., № 196 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 26.03.2016. — 5/41842.
2. Деринов, А. Увеличение производства животноводческой продукции напрямую зависит от обеспечения оптимального уровня работ по воспроизводству стада [Электронный ресурс] / А. Деринов. — Режим доступа: <https://fermer.ru/content/vosproizvodstvo-zalog-produktivnosti-164761>. — Дата доступа: 26.09.2016.
3. Продуктивное долголетие коров обсуждают в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://m-awto.ru/novosti/produktivnoe-dolgoletie-korov-obsuzhdaut-v-sankt-peterburge/>. — Дата доступа: 26.09.2016.
4. Валюшкин, К. Д. Акушерство, гинекология и биотехника размножения животных : учеб. для высш. учеб. заведений / К. Д. Валюшкин, Г. Ф. Медведев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Минск : Ураджай, 2001. — 869 с. : ил.

УДК 631.512

А. К. Гавриленя, кандидат технических наук, доцент, В. Н. Майсюк
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОБЗОР МАШИН, ВЫПУСКАЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ, ДЛЯ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение. Системы обработки почвы в Беларуси к настоящему времени в строгом научном смысле изучены достаточно полно. В течение последних десятилетий в научно-исследовательских учреждениях республики (РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «Институт почвоведения и агрохимии», РУП «Институт защиты растений» и др.) в длительных стационарных полевых опытах уделяется большое внимание вопросам минимизации обработки почвы за счет использования дисковых и чизельных орудий. Все это позволило накопить значительный экспериментальный материал. Установлено, что оптимальной является комбинированная обработка почвы, при которой в двух-трех полях зерновых, кормовых и плодосменных севооборотов на соответствующих почвах возможна замена вспашки поверхностной обработкой без уменьшения урожайности и при снижении удельной затратности. Также установлено, что продолжительное применение безотвальной и мелкой обработки на дерново-подзолистых почвах приводит к снижению урожайности возделываемых культур [1—4].

Основная часть. Следует отметить, что фактором, ограничивающим применение этого способа, является его многовариантность и неумение многих специалистов подобрать нужный для конкретных условий вариант. Для определения возможного объема внедрения поверхностной обработки почвы необходимо учитывать комплекс факторов: тип и гранулометрический состав почвы, содержание в ней органического вещества, способность почвы сохранять и восстанавливать свою структуру, засоренность, количество осадков в регионе, предшественник, отзывчивость возделываемой культуры на глубокое рыхление, уровень применения удобрений, пестицидов и т. д. Только при выполнении этих требований минимизация обработки обеспечит сохранение влаги, повышение плодородия почвы, экономию средств и не приведет к снижению урожайности возделываемых культур [1].

В отдельных районах Гомельской и Брестской областей, где в обороте находятся песчаные почвы, подстилаемые песками, и в сухие весны отмечаются сильные песчаные бури, приводящие к выдуванию пахотного

слоя и гибели всходов, безотвальная обработка как влагосберегающая и противоэрозионная по своей сути становится обязательными.

Все это свидетельствует о том, что поверхностная обработка почвы при правильном подходе к этой проблеме должна занимать соответствующее место в земледелии Республики Беларусь. В первую очередь это почвы, способные к разуплотнению, имеющие свыше 3,5% гумуса и не более 40% физической глины. В структуре пахотных угодий в Беларуси их имеется около 10%. В то же время почвы с содержанием гумуса менее 2%, где эти технологии с большей вероятностью приведут к снижению урожайности, составляют 40% пашни. Нет необходимости пахать поле после комбайновой уборки картофеля и сахарной свеклы. Поверхностная обработка возможна на чистых от сорняков рыхлых почвах при низком уровне инфекционной нагрузки убранной культуры. Но их очень мало [1].

Тем не менее, по словам генерального директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», члена-корреспондента НАН Беларуси Ф. Привалова, «суммарный объем возделывания сельскохозяйственных культур без плуга при строгом выполнении агротехнических требований может составить 25% пашни. Это яровые зерновые после картофеля, свеклы, повторное размещение кукурузы на постоянных участках, где обычно применяются высокоэффективные дорогостоящие гербициды» [5]. В условиях Республики Беларусь ежегодная экономия составит не менее 120 тыс. т дизельного топлива и не менее 4,8 млн чел. ч трудозатрат [6].

Важнейшим условием для успешного решения проблемы минимизации обработки почвы является соответствующее техническое оснащение хозяйств. С устаревшей техникой этими вопросами лучше не заниматься.

Какие же агрегаты выпускаются в Республике Беларусь для безотвальной обработки почвы? ЗАО «Славянская технология» производит агрегаты универсальные комбинированные почвообрабатывающие АДУ-6АКЧ с чизельным модулем и мульчирующими рабочими органами и АДУ-6АКД с дисковым модулем и мульчирующими рабочими органами. Агрегат АДУ-6АКЧ с чизельным модулем, усиленной трехстадийной защитой чизельных рабочих органов, с их автовибрацией, усиленной осью транспортной тележки, спиральнозубовыми и трубчатými противоэрозионными катками предназначен для лущения стерни и мульчирования почвы, перезалужения, основной, предпосевной обработки почвы, а также уничтожения сорняков, мульчирования почвы и качественной заделки пожнивных остатков, в том числе и толстостебельных растительных остатков без предварительной вспашки. Агрегат АДУ-6АКЧ обеспечивает за один проход глубину сплошной обработки почвы до 23 см с возможностью подготовки под посев за один проход агрегата и до 45 см при разуплотнении почвы; АДУ-6АКД обеспечивает за один проход глубину обработки почвы 3—20 см с выполнением следующих операций: измельчение и заделка растительных остатков предшественника и сорной растительности; крошение крупных комьев земли на мелкие фракции; создание при «ложном посеве» мульчированного слоя при скорости движения агрегата 9 км / ч и выше [6—7].

Так, ОАО «Бобруйскагромаш» производит агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6. Он предназначен для лущения жнивья, мульчирующей обработки почвы под посев поукосных, пожнивных и озимых культур, обработки пласта однолетних и многолетних трав перед вспашкой, яблевой обработки полей после уборки картофеля, кукурузы, свеклы, ранневесеннего выравнивания зяби и заделки органических и минеральных удобрений, предпосевной обработки почвы под посев зерновых, зернобобовых, картофеля, кукурузы, свеклы, льна и трав. Агрегат способен выполнять все технологические операции обработки почвы в севообороте как в отвальной, так и безотвальной системах земледелия. Это достигается благодаря набору рабочих органов и блочно-модульной конструкции, обеспечивающей возможность путем несложной перестановки блоков рабочих местами или замены их сменными блоками составлять технологические схемы агрегата, наиболее полно отвечающие технологическим процессам обработки различных агрофонов. Глубина обработки почвы агрегатом в зависимости от комплектации может быть 6—12 см и 12—25 см.

Отметим, что ОАО «Витебский мотороремонтный завод» производит агрегат почвообрабатывающий АД-600 «Рубин». Дискатор предназначен для обработки стерни зерновых культур, полей после уборки кукурузы, технических культур и полей с сидератами, обработки залежных земель, разделки пластов почвы после вспашки, а также предпосевной обработки почвы. Глубина обработки почвы — до 16 см. Также предприятие выпускает агрегат комбинированный АБТ-4. Он предназначен для безотвальной обработки, глубокого рыхления уплотненного непромакаемого слоя почвы в целях разуплотнения плужной подошвы, а также для обработки почвы после уборки кукурузы, свеклы и картофеля, мульчирования, выравнивания и прикатывания поверхности поля. Глубина обработки может достигать до 30 см.

В свою очередь ОАО «Кузлитмаш» выпускает агрегат многофункциональный почвообрабатывающий АМП-5. Он предназначен для подготовки почвы, преимущественно стерни и других фонов, за один проход под посев сельскохозяйственных культур, заделки удобрений. При работе агрегата выполняются следующие операции: рыхление почвы, перемешивание пожнивных остатков с почвой и прикатывание верхнего слоя почвы. Глубина обработки до — 16 см.

Приведем также ДП «Минойтовский ремонтный завод», который производит агрегат комбинированный для минимальной обработки почвы ДИСКОПАК-6. Отличительными особенностями данного агрегата являются: независимое управление передними и задними блоками дисков, рабочие углы которых устанавливаются гидродиллиндрами; система складывания, позволяющая обеспечить ширину 2,5 м при транспортировке. Глубина обработки — до 16 см.

Так, ООО «СелАгро» совместно с фирмой BURY Maszyny Rojnicze (Республика Польша) разработаны полуприцепные дискаторы АДК ДЕМЕТРА ТРАНСФОРМЕР (рисунок 1) и агрегат дисковый навесной серии АДН «Дискатор».



Рисунок 1 — Дискатор АДК ДЕМЕТРА ТРАНСФОРМЕР

Агрегаты применяются в составе комплекса машин основной и предпосевной обработки почвы по энерго- и ресурсосберегающим технологиям под зерновые, технические и кормовые культуры, а также лушение стерни, улучшения лугов и пастбищ, разработка торфяников. АДК ДЕМЕТРА ТРАНСФОРМЕР состоит из полуприцепного носителя и двух стандартных агрегатов АДН «Дискатор» с шириной захвата 2,5—5 м и 3—6 м. Трансформация агрегата в сцепленное положение и обратно составляет не более одного часа. Глубина обработки — до 16 см.

Кроме перечисленных выше агрегатов ОАО «Любанский райагросервис» производит агрегат дисковый комбинированный АДК-6, ОАО «Дзержинский завод «Агромаш»» выпускает чизельнодисковый культиватор КПК-4. На КУПП «Лунинецкий ремонтно-механический завод» освоен выпуск культиватора КЧД-6.

Кроме этого для безотвальной обработки почвы используют чизельные культиваторы и глубокорыхлители. Так, ОАО «Минский агросервис» производит культиватор навесной чизельный КНЧ-4,2(2,8) с глубиной обработки 3—18 см и глубокорыхлитель чизель ГЧ-4 с глубиной обработки до 50 см. В ОАО «Брестский электромеханический завод» производят глубокорыхлитель ГР-70 с глубиной обработки 25—70 см (рисунок 2, а). Плуг с рабочей шириной захвата 4,3 м предназначен для основной безотвальной обработки почвы и разрушения плужной подошвы. ДП «Минийтовский ремонтный завод» кроме агрегата ДИСКОПАК-6 (см. рисунок 2, б) выпускает агрегат почвообрабатывающий комбинированный АПК-2. Отличительной особенностью данного агрегата является то, что он имеет жесткие и упругие стойки и они могут работать на одной глубине. Глубина обработки с жесткими стойками — до 30 см, с упругими стойками — до 22 см. «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» выпускает агрегат комбинированный рыхлитель АКР-3.



Рисунок 2 — Глубокорыхлитель ГР-70 (а) и агрегат АПК-2 (б)

Вывод. Безотвальный способ обработки почвы ввиду его многовариантности применяется редко. Из приведенного обзора машин видно, что для решения проблемы минимизации обработки почвы Республика Беларусь технически оснащена и нет необходимости закупать импортную технику.

Список цитируемых источников

1. Павловский, В. Как же быть земле без плуга / В. Павловский // Беларус. нива. — 2010. — 23 мар. — С. 4.
2. Пономарев, В. Поле пахаря боится / В. Пономарев // СБ. Беларусь сегодня. — 2010. — 23 фев. — С. 6.
3. Пономарев, В. Поле пахаря боится / В. Пономарев // СБ. Беларусь сегодня. — 2010. — 24 фев. — С. 4—5.
4. Пономарев, В. Поле пахаря боится / В. Пономарев // СБ. Беларусь сегодня. — 2010. — 25 фев. — С. 4.
5. Привалов, Ф. «Безотвалка»: меньше пользы, чем вреда [о поверхностной обработке почвы] / Ф. Привалов // Сел. газ. — 2016. — № 51. — С. 6.
6. Клименко, В. Земледельцу — инновационные технологии / В. Клименко // Беларус. сел. хоз-во. — 2011. — № 6. — С. 72—73.
7. Семков, И. Славянская технология сдала экзамен / И. Семков // Беларус. сел. хоз-во. — 2011. — № 10. — С. 74—75.

ОБЗОР ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА NEW HOLLAND CSX 7080

Введение. В аграрном секторе высоко ценится зерноуборочная техника, способная собрать урожай злаковых культур в сжатые сроки, без потерь и с существенной экономией горюче-смазочных материалов. Этим требованиям отвечает комбайновая линейка New Holland серии CSX.

Основная часть. Комбайн зерноуборочный самоходный New Holland CSX 7080 предназначен для уборки зерновых колосовых культур (пшеницы, ячменя, овса, ржи) как прямым, так и раздельным способом, а с использованием дополнительных устройств — сбора подсолнечника, кукурузы на зерно, зернобобовых, крупяных культур и семян рапса, сои, мелкосеменных культур. «Лицо» комбайна определяет его барабанная молотилка. В ее основе — многобарабанная молотильно-сепарирующая система (далее — МСС) с ротационным барабаном-соломосепаратором.

Многобарабанная МСС с ротационным сепаратором используется в комбайнах аналогичного по производительности класса других производителей (Claas, Massey Ferguson, Fendt, Deutz Fahr). Но особенностью МСС комбайна CSX 7080 является четырехбарабанная МСС. Основной молотильный барабан — классического диаметра (607 мм), имеет максимальный угол охвата подбарабана 121° . Первый битер расположен между барабаном и сепаратором, второй — за ротационным барабаном-соломосепаратором. Сам соломосепаратор размещен между битерами. Применение четырех фактически бильных барабанов в «синтезе» с молотильно-сепарирующими деками позволяет выполнять обмолот хлебной массы на «мягких» режимах, т. е. при сравнительно небольшой частоте вращения молотильного и других сгруппированных с ним в одной группе барабанов. Такой молотильный барабан (600 мм) преобладает в 80% барабанных комбайнов и имеет частоту вращения 900—950 об./мин. Применение четырех барабанов с деками обусловило увеличение площади дек, где осуществляется основная сепарация зерна, до $2,38 \text{ м}^2$.

Ротационный соломосепаратор также имеет собственное подбарабанье, которое выполняет только функцию сепарирования и тем самым увеличивает зону принудительной сепарации зерна и обеспечивает дополнительное разделяющее действие. Такие простые технические и технологические решения в системе МСС направлены на увеличение выделения зерна из грубого вороха комбайна уже на этом участке молотилки до 20%. Вследствие такой технологической схемы обмолота зерновое нагрузки на соломотряс, который в принципе предназначен для работы с соломой с малым содержанием зерновых остатков, уменьшается. Поэтому условия его работы не только упрощаются, но и улучшаются. В результате потери зерна за ним уменьшаются до минимума, фактически до нуля.

Перед тем как поступить на шестиклавишный соломотряс обмолоченная масса попадает в зону действия еще одного битера. Его главная задача — улучшение условий работы соломотряса: изменение траектории движения массы после МСС и динамично-принудительное (силовое) перемещение обмолоченной грубой соломистой массы на первый каскад клавиши соломотряса с тем, чтобы этот ворох «прошел» всю длину рабочей поверхности клавиши и это способствовало бы полному выделению зерна из соломы. Опционная система самовыравнивания решет Smart Sieve предназначена для сбора урожая без снижения чистоты зерна и качества его очистки даже при значительных поперечных уклонах комбайна.

Кабина комбайна очень просторная и комфортная, имеет целый ряд преимуществ, которые обеспечивают высокий уровень комфортабельности и безопасности оператора. Среди них — большая площадь окон, прекрасная звуковая и виброизоляция, удобная для контроля информационная панель системы управления в кабине комбайна.

Комбайн CSX 7080 оборудован цветными мониторами Intelli View II в. На большом экране постоянно отображается информация, касающаяся технических систем комбайна и технологических систем — молотилки и жатки. С помощью кнопок навигации можно легко выбрать необходимый в данный момент времени набор отображаемых параметров.

Многофункциональный рычаг управления находится под правой рукой оператора. На нем размещены кнопки управления жаткой, мотовилами и функциями выгрузки зерна. Дистанционное управление подбарабаньем и подачей топлива к двигателю также выведено на соответствующие кнопки пульта управления. В стандартный комплект кабины входит и сиденье для инструктора.

Разработанная в конструкторских бюро компании зерноуборочная техника отличается нестандартным решением многих проблем. Комбайны выпускаются для разных условий эксплуатации. Изначально было принято решение создавать однотипные машины с различной производительностью. Это определило модельный ряд, которого производители стараются придерживаться [1].

В зерноуборочных комбайнах New Holland установлены системы автоматического контроля за уборочным процессом: 1) автоматически выбирается скорость движения машины по полю в зависимости от урожай-

ности. Специальные датчики контролируют количество поступающего зерна и задают нужную скорость перемещения; 2) автоматически стабилизируется направление движения. Фотодатчик фиксирует край скошенного поля и направляет машину так, чтобы отсекабель не выходил на пустой участок, а также не пропускал ни один стебель. Водитель не держит руль, вся работа выполняется на автопилоте; 3) специальные системы связаны с GPS-навигатором, который через спутник вычисляет оптимальный маршрут движения уборочного комбайна. Этот путь прослеживается не только в самой машине, его контролируют из центра управления, который может быть размещен за сотни километров от участка, где выполняется уборка; 4) автоматически подается информация о количестве зерна в бункере. Системы учета в центральном офисе знают, сколько собрано зерна за час, день, неделю и с начала сезона [2].

Несомненными преимуществами техники New Holland являются большой выбор моделей, возможность использования самого разнообразного навесного оборудования (жаток, соломорезов и т. д.), большой выбор опционального оборудования, высокая эффективность и надежность техники. Вероятность поломок в новых машинах очень мала, что позволяет интенсивно эксплуатировать технику. К недостаткам можно традиционно отнести чувствительность к низкачественному топливу, широкое использование электроники, разнообразных систем, что требует квалифицированного обслуживания и особенно ремонта.

Зерновой комбайн New Holland оснащен двигателями Форд, Ивеко, которые при своей мощности экономно расходуют топливо. Топливная жидкость впрыскивается в двигатель под высоким давлением, а не орошает его. Комбайн сохраняет производительность, не требуя частого технического обслуживания. Рабочие системы комбайна не наносят вреда растениям, почве и урожаю. Прimitивный сбор зерна не интересует современного агрария. Производительность труда и сохранность полей выходят на первый план [3].

Заключение. Комбайн зерноуборочный New Holland CSX 7080 — это машина, которая представлена для любого фермерского или государственного хозяйства. В него заложены самые передовые идеи.

Комбайн New Holland CSX 7080 полностью автоматизирован, работы по уборке урожая выполняются на самом высоком уровне. Качество уборки высокое, потери зерна минимальные, а производительность сельхозтехники оптимальная для каждого типа поля.

Анализируя технический уровень комбайна в целом, можно утверждать, что по производительности потенциал комбайна значительно больше и может достигать производительности около 25 т / ч основного времени на полях с урожайностью даже до 70 ц / га. Эти функциональные возможности подтверждают прогрессивную конструктивно-технологическую схему молотилки, современный технический уровень и параметры комбайна, его функциональную способность обеспечивать высокую эффективность использования рабочего времени смены. Этому способствует высокий уровень технической надежности, эргономичности, охраны и безопасности труда, когда функции комбайнера ежедневно сводятся только к самым простым и кратковременным затратам на ежедневное техническое обслуживание.

Список цитируемых источников

1. Комбайны зерноуборочные зарубежные / А. В. Клочков [и др.]. — Минск : Новик, 2000. — 192 с.
2. *Ежевский, А. А.* Основные тенденции развития мирового сельхозмашиностроения и некоторые проблемы повышения экспортного потенциала отечественной отрасли / А. А. Ежевский, В. А. Лизунов // Тракторы и с.-х. машины. — 2001. — № 5. — С. 7—14.
3. *Зангиев, А. А.* Эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. — М. : Колос, 2004. — 320 с.

УДК 621.432

А. П. Карлюк

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Введение. Системы охлаждения современных и перспективных турбированных поршневых двигателей должны обеспечивать оптимальное и стабильное тепловое состояние деталей и узлов. Наиболее подходящим следует считать такой температурный режим, при котором материалы деталей сохраняют свои прочностные свойства, моторные масла сохраняют высокую смазывающую и несущую способность, а потери теплоты через систему охлаждения минимальны.

Целью работы является сравнительная оценка конструкции системы жидкостного охлаждения двигателя внутреннего сгорания, которая обеспечит оптимальное и стабильное охлаждение деталей.

Основная часть. Известно, что на работе двигателя отрицательно сказывается как недостаточное, так и излишнее охлаждение. Перегрев двигателя вызывает ухудшение наполнения цилиндров воздушной смесью,

неполное сгорание топлива и повышенный расход, нарушение условий жидкостного трения и появление задигов трущихся поверхностей в узлах трения, повышенный расход масла на угар, снижение прочности материалов, появление термоусталостных разрушений. Переохлаждение двигателя приводит к чрезмерному повышению вязкости масла и, как следствие, повышению механических потерь, потере эффективного КПД двигателя, а также ухудшению смесеобразования и воспламенения, переносу процесса сгорания на линию расширения и повышенным расходам топлива.

Одним из важнейших показателей теплового состояния двигателей является тепловая напряженность, находящаяся по температуре наиболее «горячих» поверхностей трения, температурными перепадами наиболее нагретых частей двигателя — камер сгорания, днищ поршней, верхней зоны цилиндра, тарелок выпускных клапанов, перемычек в головке блока цилиндров [2]. Стенки цилиндров в зоне перемещения поршневых колец имеют средние температуры 100...130°C и наибольшие предельные — 170...180°C. Изменение температуры по высоте гильзы составляет от 170°C в верхней части гильзы до 120°C в нижней.

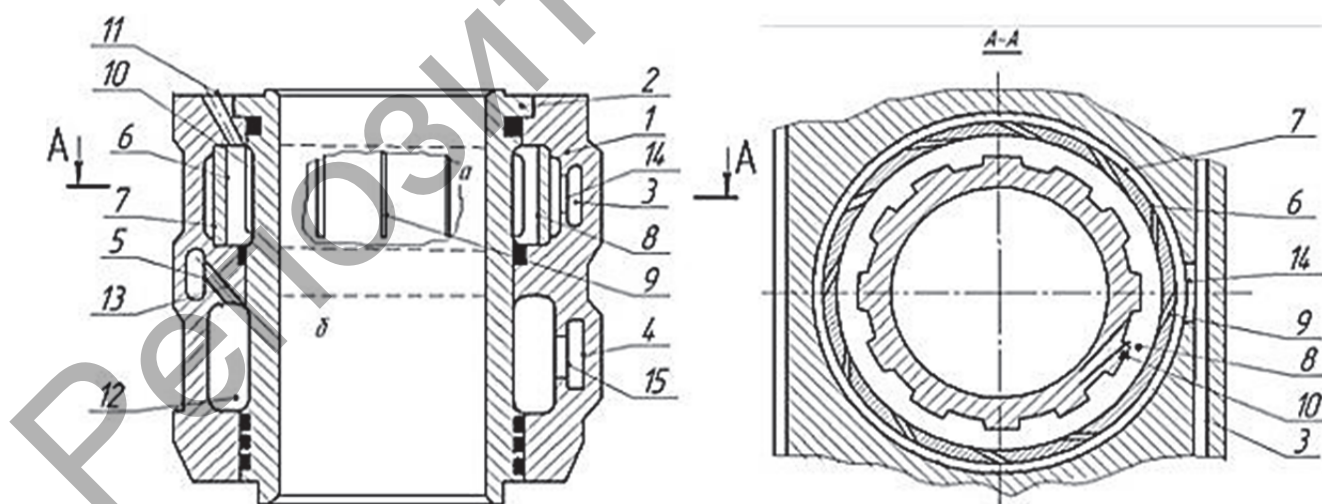
Оптимальные значения температур охлаждающей жидкости и картерного масла для большинства автомобильных двигателей составляют 80...90°C. При температуре воды в системе охлаждения, равной 30°C, износ двигателя в 6 раз больше, чем при температуре 80°C [1; 2]. Коррозия стенок гильз цилиндров возникает не только в период пуска и прогрева двигателя, но и при его охлаждении. Время охлаждения до температуры окружающей среды прогретого двигателя — около 2...2,5 ч в летних и 1 ч в зимних условиях. Это время характеризуется наибольшей интенсивностью образования коррозии на стенках гильзы цилиндра. При последующих пусках пленка коррозии разрушается, а продукты коррозии участвуют в трении как абразив.

Современные системы жидкостного охлаждения имеют низкую эффективность, связанную с тем, что поступающий в нижний пояс рубашки охлаждения антифриз из радиатора имеет наиболее низкую температуру, за счет этого эффективно охлаждается нижняя стенка гильзы цилиндра, которая имеет и без того пониженный температурный уровень, что и обуславливает значительный перепад температур по высоте цилиндра.

Повышение надежности и долговечности двигателя будет возможно путем обеспечения оптимального температурного состояния стенок гильзы цилиндра по высоте при работе двигателя на различных режимах работы. Эта задача решается путем применения разработанной конструкции системы жидкостного охлаждения [3].

Данная рубашка жидкостного охлаждения блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания содержит гильзу, подводящие и отводящие патрубки, верхний и нижний пояса охлаждения с размещенным в верхнем поясе кожухом с рядом отверстий, разделяющим верхнюю полость на внешний и внутренний отсеки и снабженным щелями, расположенными параллельно оси гильзы, причем выполнены они по касательной к внутренней поверхности кожуха. На внешней поверхности верхнего пояса охлаждения гильзы по всей поверхности вытупа и в верхнем поясе охлаждения выполнены отводящие каналы в головку блока цилиндров, подводящие и отводящий патрубки расположены в корпусе рубашки блока цилиндров, верхний подводящий патрубок соединен каналом с внешним отсеком верхней охлаждающей полости, нижний подводящий патрубок соединен с нижней охлаждающей полостью, которая, в свою очередь, каналом соединена с отводящим патрубком [3].

Представим поперечный разрез рубашки жидкостного охлаждения (рисунок 1).



1 — блок; 2 — гильза; 3, 4 и 5 — патрубки; 6 — кожух; 7 и 8 — отсеки; 9 — щели; 10 — выступы; 11, 13, 14 и 15 — канал; 12 — полость

Рисунок 1 — Рубашка жидкостного охлаждения блока цилиндров

Рубашка жидкостного охлаждения блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания работает следующим образом. При работе двигателя охлаждающая жидкость из радиатора через подводящий патрубок 3 рубашки поступает в отсек 7 верхнего пояса *a* и, обтекая кожух 6, через щели 9 поступает в отсек 8, а затем,

обтекая верхнюю часть гильзы 2, выходит через отводящий канал 11 в головку блока 1. Пройдя головку блока 1, охлаждающая жидкость по обводному каналу направляется в подводящий патрубок 4, откуда через соединительный канал 15 поступает в полость 12 нижнего пояса б, обтекая нижнюю часть гильзы 2, и выходит через канал 13 в отводящий патрубок 5. В связи с тем, что охлаждающая жидкость во внутренний отсек 8 проходит через щель 9, направленные по касательной к внутренней поверхности кожуха б, во внутреннем отсеке 8 между кожухом б и внешней поверхностью гильзы 2 в поясе а она приобретает интенсивное вращательное турбулентное движение, благодаря чему выравнивается температура гильзы 2 цилиндра как в радиальном, так и в осевом направлениях. Помимо интенсивного вращательного движения охлаждающей жидкости в поясе а теплоотдача от гильзы 2 цилиндра усиливается благодаря турбулизации охлаждающей жидкости за счет оребрения внешней поверхности гильзы 2 цилиндра в поясе а размещенными на ней выступами 10, а также за счет увеличения площади теплоотдачи, благодаря этим выступам.

Заключение. Преимущества разработанной рубашки состоят в том, что конструктивные особенности её позволили изменить схему циркуляции охлаждающей жидкости и обеспечить режим, при котором прокачка охлаждающей жидкости в верхнем поясе через щелевые отверстия кожуха создает организованное вращательное движение между кожухом и поверхностью гильзы при эффективной теплоотдаче. Охлаждающая жидкость из радиатора при наиболее низкой температуре направляется сначала только во внешний отсек верхнего пояса рубашки, проходит через щели кожуха во внутренний отсек, охлаждая верхнюю часть стенки гильзы цилиндра, и через отводящие каналы поступает в головку блока, что обеспечивает повышение температуры нижней части гильзы цилиндра и максимально возможное снижение температуры ее верхней части.

Достоинство рубашки состоит также в том, что выравнивание температуры стенки гильзы цилиндра в осевом направлении позволяет использовать в системе смазки двигателя менее вязкое масло, что приводит к снижению механических потерь и износу цилиндров, повышает эффективность и экономичность двигателя. При этом улучшаются и эксплуатационные свойства двигателя, так как снижение вязкости масла всегда связано с улучшением его низкотемпературных свойств.

Список цитируемых источников

1. Левин, М. И. Оптимальный температурный режим в системах охлаждения и требования к автоматическому регулированию температуры : сб. тр. ЦНИДИ / М. И. Левин. — М. : Л. : Машгиз, 1984. — С. 86—90.
2. Жуков, В. А. Расчетная оценка эффективности высокотемпературного охлаждения комбинированных ДВС / В. А. Жуков // Авиационно-космическая техника и технология. — 2011. — С. 153—158.
3. Рубашка жидкостного охлаждения блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания : пат. № 2147340С1 РФ : МПК F01P3/02, F02F1/10 / М. Н. Кухарев, В. Д. Бурдыкин, А. В. Грибанов. — № 98118216/06 ; заявл. 05.10.1988 ; дата публ.: 10.04.2000, Бюл. № 15. — 5 с.

УДК 631.412

А. Н. Новик, В. А. Потапов

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МИНИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение. Энергосбережение становится в настоящее время доминирующим критерием эффективности ведения сельскохозяйственного производства и рационального использования ресурсов.

Основная часть. Минимизация обработки почвы — экономически и экологически обоснованное направление в науке и практике в области механической обработки почвы. Суть состоит в уменьшении механического воздействия на почву.

Высокие затраты существующих в республике технологий обработки почвы связаны, прежде всего, с тем, что в настоящее время в сельскохозяйственных предприятиях основная обработка проводится с помощью отвальной вспашки, а предпосевная — за счет многократного использования однооперационных почвообрабатывающих орудий. При таком подходе к обработке почвы для ее проведения необходимо 5—6 проходов агрегатов по полю. Чрезмерное уплотнение и ухудшение ее свойств под воздействием ходовых систем тяжелых тракторов и почвообрабатывающих орудий, особенно когда почва переувлажнена, приводит к снижению урожайности на 12—30%. В засушливые годы интенсивная обработка почвы, основанная на многократном рыхлении, способствует значительной потере продуктивной влаги, что также существенно снижает урожайность. Кроме того, интенсивная обработка почвы влечет за собой и другие негативные последствия — усиление водной и ветровой эрозии [1].

При существующем в настоящее время в Беларуси подходе к проведению обработки почвы и степени износа машинно-тракторного парка подготовить в оптимальные сроки в требуемом объеме поля к посеву не

представляется возможным, что приводит к недобору урожая. Все вышеизложенное свидетельствует о том, что совершенствование обработки почвы требуется не только по организационно-хозяйственным, т. е. экономическим, но и по природоохранным, т. е. экологическим причинам.

В решении указанной выше проблемы важнейшими направлениями, внедряемыми в настоящее время в Беларуси, пока являются замена на половине пахотных земель в системе основной обработки почвы отвальной вспашки чизелеванием или дискованием, а также применение в системе предпосевной обработки комбинированных агрегатов, совмещающих за один проход несколько технологических операций. В наибольшей степени требованиям ресурсосбережения и природоохранности отвечает нулевая и минимальная системы обработки почвы, предусматривающая отказ от ряда технологических операций и широкое использование прямого посева [2].

Минимальную обработку почвы целесообразно проводить на слабозасоренных и окультуренных почвах, т. е. она возможна по мере повышения общей культуры земледелия и интенсификации сельскохозяйственного производства, в частности, возможность отказа от механической обработки как средства борьбы с сорняками и использованием для этих целей гербицидов.

Выбор способа обработки почвы должен определяться прежде всего тем, насколько успешно с его помощью решаются основные задачи механического воздействия на почву. К ним относятся: создание благоприятных условий для роста и развития культурных растений, сохранение плодородия почвы, влаги, строения пахотного и подпахотного слоев, уничтожения сорняков, вредителей и возбудителей болезней возделываемых культур. Не все приемы обработки почвы способны в равной степени решать эти задачи в различных почвенно-климатических условиях. Поэтому при выборе способа почвообработки следует принимать во внимание не только экономические, но и другие факторы: уровень почвенного плодородия, рельеф, климатические условия региона, биологические особенности возделываемых культур и т. д.

Минимальная обработка почвы включает одну или ряд мелких обработок почвы культиваторами и/или бородами. Солома и стерня находятся в виде мульчи в верхнем слое почвы (мульчирующий слой). По мелко обработанной почве в мульчирующий слой осуществляется мульчированный посев. Мульчирующий слой уменьшает испарение влаги, устраняет опасность водной и ветровой эрозии [3].

При этом эксплуатационные затраты (прежде всего расходы на топливо) сокращаются, плодородие почвы повышается, ее структура улучшается. Создаются благоприятные условия для развития почвенной фауны.

Нулевая обработка почвы предусматривает прямой посев, который производится по необработанному полю с отказом от всех видов механической обработки почвы. Эффективность его применения возможна лишь при высочайшем агротехническом искусстве, что является достоянием мастеров земледельцев высокой квалификации. В отличие от традиционного полеводства стерня не сжигается и не закапывается в землю, солома не забирается из полей. Нетоварные остатки, например солома, после сбора урожая измельчаются к определенному размеру [2], а потом равномерно распределяются по полю. На поверхности формируется почвозащищающее покрытие, которое противостоит водной и ветровой эрозии, обеспечивает сохранение влаги, мешает росту сорняков, содействует активизации микрофлоры грунта и является базисом для воспроизведения плодородного пласта почвы и дальнейшего повышения урожайности. Для правильного хозяйствования за системой нулевой обработки почвы нужно как можно больше мульчи. Существенно снижаются производственные затраты, в том числе на топливо, сохраняется окружающая среда. В частности, сокращение непродуктивных потерь воды может привести к тому, что на супесчаных почвах растениям в год будет доступно на 80—90 мм влаги больше [4].

Достоинством ресурсосберегающих технологий является минимальное воздействие, а при нулевой обработке вообще отсутствие вмешательства в естественные процессы биологической «пульсации гумуса» и взаимосвязи органического вещества и углерода в почве.

При применении прямого посева почва обладает более высокой слитностью, что обеспечивает накопление большого объема воды. Кроме того, прямой посев при дефиците влаги способствует увеличению урожайности за счет потребления питательных веществ, находящихся глубоко в почве.

Внедрение системы минимальной обработки почвы на плодородных, богатых гумусом почвах не приводит к чрезмерному уплотнению и повышению твердости почвы в нижнем горизонте (рисунок 1).

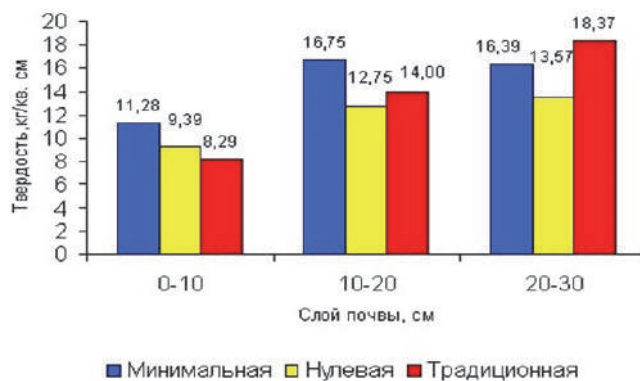


Рисунок 1 — Твердость пахотного слоя почвы при разных технологиях обработки

Теоретические и практические основы применения технологий энергосберегающего растениеводства в настоящее время активно разрабатываются. Большие потенциальные возможности ресурсосберегающих технологий заключаются в улучшении почвенных условий для развития сельскохозяйственных культур и снижении риска развития эрозии, а также в экономии рабочей силы, топлива и обеспечении высокой оперативности полевых работ в условиях ограниченного времени.

Применение энергосберегающего растениеводства целесообразно вести в комплексе с технологиями точного (прецизионного) земледелия.

Заключение. Внедрение системы энергосберегающего растениеводства дает очевидные преимущества: повышение эффективности всего предприятия, его конкурентоспособность, делает аграрное производство более эффективным и экологичным, что чрезвычайно актуально в настоящее время.

Список цитируемых источников

1. Булавин, Л. А. Минимализация обработки почвы: возможности и перспективы / Л. А. Булавин, С. С. Небышинец // Белорус. сел. хоз-во. — 2007. — № 5 (61). — С. 26—31.
2. Потенциальные резервы экономии топливно-энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе : метод. пособие / Г. Ф. Добыш [и др.]. — Минск : Учеб.-метод. центр Минсельхозпрода, 2005. — 137 с.
3. Интегрированная система защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней, сорняков : рекомендации / под ред. С.В. Сороки ; НИРХП «БелиЗР». — Минск : ИВЦ Минфина, 2003. — Кн. 1. — 71 с.
4. Кадыров, М. А. Научно-методические, организационные и правовые аспекты оптимизации семеноводства в современных условиях / М. А. Кадыров // НТИ и рынок. — 1996. — № 6. — С. 27—32.

УДК 636.087.7

И. В. Новожилова, кандидат сельскохозяйственных наук

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ «ПУРИВИТИН-АКВА-ЭНЕРГИЯ-1»

Введение. Увеличение продуктивности сельскохозяйственных животных является важной задачей, определяющей пути развития современной аграрной науки в области животноводства [1]. Выращивание и откорм скота характеризуются комплексом мероприятий, направленных на интенсификацию формирования мясной продукции при условии наиболее полного использования физиологических возможностей организма животных и максимального усвоения питательных веществ корма [2].

У животных при различных патологических состояниях (кетозы, ацидоз, различные стрессы, исчезновение жевательного рефлекса и т. д.), а также после родов в организме отмечается недостаток аминокислот, витаминов, микроэлементов. В этой связи весьма актуальным является производство кормовых средств нового поколения, проведение исследований по их влиянию на организм животных [3].

Одним из таких средств является комплекс дополнительного питания жидкий «Пуривитин-Аква-Энергия-1», разработанный для крупного и мелкого рогатого скота ЗАО «НПФ “ЭЛЕСТ”» (Санкт-Петербург) в целях быстрейшего восстановления организма и получения требуемой продуктивности.

В связи с вышеизложенным целью исследований является необходимость проведения испытаний эффективности применения данного комплекса в рационах крупного рогатого скота в условиях животноводческих хозяйств Республики Беларусь.

Основная часть. «Пуривитин-Аква-Энергия-1» представляет собой специальную воду, содержащую в своём составе аминокислоты, антиоксиданты и антигипоксанты, витамины, микроэлементы. Применяется до отела и после отела, а также при наличии признаков кетоза, ацидоза, при снижении продуктивных качеств, различных стрессах, исчезновении жевательного рефлекса, ослабленным животным любого физиологического состояния. По внешнему виду — это эмульгированная жидкость светло-оранжевого цвета с легким специфическим запахом, без гнилостного или плесневелого запаха, расфасованная в полимерные ёмкости с навинчивающимися крышками объёмом 1,5 л, которые паллетируют по 6 штук.

Механизм действия комплекса основан на повышении и поддержании на заданном уровне концентрации глюкозы в крови, торможении распада жиров в периферических тканях (устранение кетоза), стабилизации массы тела после отела, а также торможении липогенеза, усилении обменных процессов в печени, активации процесса распада жиров в гепатоцитах печени и их реанимация. Комплекс дополнительного питания жидкий «Пуривитин-Аква-Энергия-1» биодоступен для организма коров, не токсичен, безвреден, не содержит генетически модифицированных источников.

На основании поставленной цели нами были сформулированы следующие задачи: изучить механизм действия и необходимость использования для животных комплекса дополнительного питания жидкого «Пури-

витин-Аква-Энергия-1», провести оценку токсичности и безопасности; выполнить подготовительные работы по проведению производственных испытаний комплекса дополнительного питания жидкого согласно схеме опыта (таблица 1); провести производственные испытания данного комплекса на коровах и исследовать его влияние на основные зоотехнические показатели (средняя живая масса, расход корма, молочная продуктивность) в молочном скотоводстве; дать экономическую оценку целесообразности применения комплекса в молочном скотоводстве; разработать инструкцию по применению комплекса.

«Пуривитин-Аква-Энергия-1» применяется за 15—20 дней до отела в течение 70—75 (максимально 90) дней путем выпаивания либо принудительно, либо путем введения в поилки с водой (с перекрытием воды) в количестве 1,5 л в день на 1 голову, а также сразу после отела до 90 дней, предварительно взболтав.

Для проведения испытаний необходимо произвести расчет потребности комплекса: доза на 1 животное — 1,5 л в сутки, следовательно, на 90 дней на 1 животное требуется 135 л. В опыт взято 100 животных (по 50 голов в двух хозяйствах), поэтому комплекса необходимо 13 500 л (135 л × 100).

Производственные испытания проводятся в течение 90 дней согласно схеме опыта (см. таблицу 1).

Т а б л и ц а 1 — Схема опыта

Номер группы	Наименование выполняемых работ
1 контрольная	Основной рацион
2 опытная	Основной рацион + комплекс дополнительного питания жидкий «Пуривитин-Аква-Энергия-1»

Исследования проводятся на 50—70 сухостойных и новотельных коровах. Поение крупного рогатого скота дойного стада с использованием комплекса дополнительного питания жидкого «Пуривитин-Аква-Энергия-1» осуществляется 1—2 раза в день, объем потребления воды контролируется путем ежедневного группового учета. При поении животных обеспечивается круглосуточный и бесперебойный доступ к питьевой воде.

Клинико-физиологическое состояние коров определяется путем ежедневного их осмотра, обращается внимание на поведение, аппетит, потребление воды и корма, подвижность и т. д. Полученные в ходе эксперимента данные будут обработаны статистически с помощью программы Microsoft Excel.

Расчет экономической эффективности результатов собственных исследований будем проводить на основании «Методики определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий», утвержденной Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 10 мая 2000 г.

Заключение. Применение биологически активных добавок, дополнительных кормовых средств существенно отражается на продуктивных качествах животных, нормальном протекании всех физиологических процессов, восстановлении функционирования организма и его жизнедеятельности. В связи с этим разработка новых кормовых добавок и проведение исследований по эффективности их применения, влиянию на организм всегда являются актуальными и необходимыми. Полученные результаты ложатся в основу фундамента науки о кормлении животных, получении продукции высокого качества и в большем объеме, тем самым обеспечивая экономический рост сельского хозяйства.

Список цитируемых источников

1. Корма и биологически активные вещества / Ю. А. Пономаренко [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 2005. — 882 с.
2. Пономаренко, Ю. А. Корма, кормовые добавки и продукты питания : монография / Ю. А. Пономаренко ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. — Минск : Экоперспектива, 2010. — 735 с.
3. Пономаренко, Ю. А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания : монография / Ю. А. Пономаренко, В. И. Фининин, И. А. Егоров ; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Рос. акад. с.-х. наук. — Минск : Экоперспектива, 2012. — 864 с.

УДК:6 15.2:615.32:633.8

Е. А. Петровская, Т. Р. Прихач

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РОМАШКИ АПТЕЧНОЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Введение. В настоящее время производство лекарственного растительного сырья культивируемых лекарственных растений значительно отстает в своем развитии от потребностей фармацевтической промышленности, здравоохранения и других социально ориентированных отраслей народного хозяйства [5].

Вместе с тем устойчивая тенденция повышения спроса на растительное сырье и виды продукции из него обусловлена резким увеличением в последние годы числа потребителей, а также расширением ассортимента такого сырья. Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса Республики Беларусь является повышение эффективности возделывания основных сельскохозяйственных культур, прежде всего тех, которые имеют импортозамещенную направленность, в том числе лекарственных растений. В то же время погодноклиматические и почвенные условия нашей республики приемлемы для возделывания большинства лекарственных растений, сырье которых приобретает за границей [4; 5].

Технология производства лекарственного растительного сырья в настоящий момент включает в себя основные элементы выращивания лекарственных культур в сочетании с промышленными способами уборки, послеуборочной доработки собранного урожая и первичной обработки готовой продукции: подготовка почвы, посев (посадка), уход за посевами (плантациями), уборка урожая (ручная или механизированная), сушка урожая (естественная или искусственная, тепловая), послеуборочная обработка и первичная переработка полученного сырья, приведение сырья в стандартное состояние, упаковка, хранение и транспортирование.

Основная часть. Ромашка аптечная (*Matricaria chamomile* L.) — однолетнее травянистое растение семейства сложноцветных (*Compositae*). Во всех категориях хозяйств Беларуси под ромашкой аптечной занято 315 га. Основные площади под этой культурой (300 га) сосредоточены в специализированном хозяйстве КСУП «Большое Можейково» Щучинского района Гродненской области.

В медицине используют распустившиеся соцветия (цветки) ромашки аптечной, содержащие 0,2—0,8% эфирного масла, основой составной частью которого является хамазулен (C₁₄H₁₆) [1].

Сырье оказывает противовоспалительное, спазмолитическое действие, восстанавливает нормальную перистальтику кишечника, предотвращает метеоризм. Благодаря своим свойствам ромашка аптечная входит в состав многих лекарственных препаратов и травяных смесей, а также косметических средств, применяемых преимущественно в педиатрии.

Агробиологические особенности. Ромашка аптечная — растение умеренного климата, не переносит затенения и довольно влаголюбива. В производстве размножается исключительно семенным способом. Не предъявляет высоких требований к плодородию и успешно возделывается как на супесчаных, так и на суглинистых почвах. Ромашка своеобразно реагирует на длину дня. В 9—10 часов утра лепестки занимают горизонтальное положение, к вечеру прижимаются к ножке соцветия.

В Беларуси в естественных условиях встречается редко. Род ромашка насчитывает около 30 видов. Далеко не все из них лекарственные растения. Наряду с ромашкой аптечной и в качестве ее заменителя допускается ромашка ромашковидная (безъязычковая), или пахучая (*Matricaria matricarioides* Porter ex Britt). Только эти два вида являются ценным лекарственным сырьем. Основное отличие лекарственной ромашки от ромашки нелекарственной в том, что первая имеет пустотелое цветоложе и характерный яблочно-медовый аромат цветков. Все остальные виды ромашек не обладают этими характерными свойствами и употребляются в качестве лекарственного сырья не могут.

Стебель прямостоячий высотой 30—50 см. Vegetационный период составляет 60—80 дней. Семена прорастают при температуре 3—4°C. Температура 20—25°C и достаточное количество влаги в почве обеспечивают появление всходов на 8—10-й день. В начальный период ромашка растет медленно и часто угнетается сорняками. Семена очень мелкие. Масса 1 000 штук составляет 0,04—0,06 г, в отдельные годы увеличивается до 0,09 г.

Высокий агротехнический фон не только способствует увеличению урожайности, но и повышает содержание эфирного масла (особенно хамазулена).

Севооборот. Ромашку аптечную лучше размещать после пропашных культур, под которые вносились органика. Можно выращивать и вне севооборота при условии, что почва достаточно плодородная и чистая от сорняков.

Обработка почвы зависит от предшественника и срока посева. При осеннем посеве проводят вспашку или лущение стерни, боронование. Обязательным условием является выравнивание почвы перед посевом и прикатывание после посева. Это обеспечивает равномерный посев семян и дружное появление всходов.

Посев. В условиях Беларуси применяют три срока сева: осенний (конец августа — начало сентября), подзимний (октябрь), весенний (апрель, май).

Для получения равномерных и дружных всходов мелкие и легковесные семена ромашки необходимо смешивать с влажными опилками или песком в соотношении 1:5 или даже к 1:10. Норма высева семян составляет 2—2,5 кг / га, для подзимнего посева — 3 кг / га. Глубина заделки семян составляет 0,5—1 см. Подзимний посев идет без заделки. Сеют рядовым способом с междурядьями 45 см.

Уход. Сорные растения являются конкурентами культурных растений и значительно снижают урожай лекарственных культур, ухудшают качество продукции, сильно осложняют уборку урожая и увеличивают ее себестоимость [2; 3].

В начальные фазы вегетации ромашки аптечной необходимо своевременно бороться с сорняками и проводить рыхление междурядий. Позже высокая плотность растений на единицу площади не позволяет разрастаться сорнякам. На плантациях, закладываемых осенью, рыхление и прополка выполняются до наступления зимы и повторно — весной, как только можно выйти в поле, используя легкие бороны и культиваторы. Для химической борьбы с сорняками используют гербициды: Миура, КЭ (1,0 кг / га) — опрыскивание плантаций в фазу 2—4 листьев проса куриного и высоте пырея ползучего 10—15 см, Стомп; 33% (6,0 кг / га) — опрыскивание посевов 1-го года вегетации в период начала отрастания культуры.

Болезни и вредители. На растениях ромашки аптечной в нашей зоне из вредителей встречаются тля и скрытнохоботник. Скрытнохоботник появляется редко и большого вреда не наносит. Тля более вредоносна, но в Беларуси нет зарегистрированных инсектицидов для борьбы с этим вредителем.

Сбор, сушка и хранение. Сбор цветочных корзинок необходимо проводить по мере зацветания соцветий, только в ясные дни, после высыхания росы. Ромашку собирают вручную, как правило, каждые 2—3 дня в течение четырех недель. Самое качественное сырье получаем при сборе корзинок в фазе неполного раскрытия, т. е. когда язычковые цветы располагаются горизонтально или еще направлены вверх. Ножка соцветия не должна быть длиннее, чем 1,5 см. Для массовой уборки используется ромашкоуборочная машина VB 2002. Сушат ромашку в хорошо проветриваемых помещениях, цветки раскладывают слоем 2—3 см и один раз в два дня ворошат. При искусственном высушивании температура в сушилках не должна превышать 45°C, а скорость потока воздуха — 1 м / с. Сырьё считается высушенным, когда при сжимании пальцами корзинка рассыпается. Сырьё пакуют в хлопчатобумажные, полипропиленовые мешки, ящики из гофрированного картона. Хранят упакованное сырьё в сухих, хорошо проветриваемых помещениях на стеллажах.

Урожайность ромашки аптечной при многократном сборе составляет до 1,5 т / га сырой фитомассы или 0,5 т / га сухого сырья. Только строгое соблюдение всех агрономических приемов и режимов сушки сырой фитомассы позволяет получить высококачественное сырье при уровне рентабельности производства 65—82%.

Заключение. Проанализировав технологию выращивания ромашки аптечной, необходимо увеличивать площади ее выращивания, так как она является ценным сырьем в фармакологии и медицине. Разработка новых современных технологий выращивания ромашки аптечной в условиях Республики Беларусь позволит создать устойчивое производство сырья лекарственных растений, улучшить обеспечение населения республики высококачественными лекарственными препаратами, разнообразить номенклатуру доступных по цене лекарственных средств отечественного производства, снизить зависимость работы фармацевтических предприятий от импортных поставок и расширить их экспортный потенциал [5].

Список цитируемых источников

1. Коновалова, О. А. Химическая характеристика эфирного масла ромашки аптечной (*Matricaria chamomile* L.) / О. А. Коновалова, В. С. Кабанов, М. В. Глазова // Хим.-фармацевт. журн. — 1986. — № 4.
2. Терехин, А. А. Технология возделывания лекарственных растений / А. А. Терехин В. В. Вандышев. — М. : РУДН, 2008. — С. 4—5.
3. Саскевич, П. А. Агробиологическое обоснование мер борьбы с многолетней сорной растительностью в условиях Республики Беларусь / П. А. Саскевич, Ю. А. Миленков. — Несвиж : Несвиж. укрупн. тип., 2008. — 238 с.
4. Шкляр, А. П. Промышленное выращивание ромашки аптечной / А. П. Шкляр // Наше сел. хоз-во. — 2016. — № 19. — С. 32—34.
5. Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2016—2020 годы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/>. — Дата доступа: 08.10.2017.

УДК 621.436

В. А. Потапов, А. Н. Новик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Введение. С каждым годом увеличивается количество тракторов и автомобилей, оснащенных двигателем внутреннего сгорания. Наибольшее распространение получили двигатели внутреннего сгорания, работающие на традиционном моторном топливе (дизельное топливо и бензин). Проблема состоит в том, что отмечается рост цен на топливо и ухудшение экологической обстановки, что предусматривает разработку топливных систем, использующих альтернативные виды топлива.

Методологической и теоретической основой работы послужили исследования зарубежных и отечественных ученых и компаний в области изучения газодизельных двигателей. При исследовании использовался теоретический анализ и сравнение.

Целью данного исследования является оценка применения в дизельном двигателе метана или пропан-бутана в качестве топлива. Задачи исследования: дать краткую характеристику использования метана и пропан-бутана в качестве топлива для дизельного двигателя; сделать заключение по использованию метана или пропан-бутана в качестве топлива для дизельного двигателя.

Основная часть. Газодизельный двигатель — двигатель внутреннего сгорания, сконструированный на основе дизельного двигателя (или переделанный из дизельного двигателя), топливом в котором является природный газ (метан) или сжиженные углеводородные газы (пропан-бутан).

В конструкцию добавляется топливная аппаратура (испаритель и подогреватель газа, газовый редуктор, смеситель газа с воздухом; баллоны, если двигатель используется на транспортном средстве). Так как темпера-

тура воспламенения от сжатия газозвоздушной смеси составляет около 700°C (дизельное топливо воспламеняется при $320\text{—}380^{\circ}\text{C}$), топливный насос высокого давления и форсунки сохраняются, в цилиндры двигателя подаётся «запальная» доза дизельного топлива (около $15\text{—}30\%$ от обычного до переделки). Переделанный двигатель также сохраняет возможность работы на дизельном топливе [1].

Компримированный (сжатый) природный газ — природный газ (метан), сжатый на компрессорной станции до давления $200\text{—}250$ бар ($196\text{—}245$ кг / см²) для использования в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания. Компримированный природный газ используется на легковых автомобилях, пассажирском и лёгком грузовом транспорте, коммунальной технике [2]. Пропан-бутан (сжиженный нефтяной газ) — это смесь двух газов. В обиходе ее называют кратко — пропан. Пропан-бутан получают из нефти и сконденсированных нефтяных попутных газов. Чтобы эта смесь оставалась жидкой, ее хранят и перевозят под давлением в $1,6$ МПа (16 атмосфер). Процесс заправки машин пропаном внешне очень похож на заправку бензином, потому что это — сжиженный газ [3].

Наиболее важными критериями пригодности газов в качестве топлива в дизельных двигателях являются их детонационная стойкость и склонность к самовоспламенению в камере сгорания дизельного двигателя [4; 5]. Антидетонационная стойкость оценивается октановым и метановыми числами. При использовании газовых топлив с высокими октановыми и метановыми числами в дизельных двигателях высокие мощностные показатели, топливная экономичность и показатели токсичности отработавших газов могут быть достигнуты при сохранении неизменной степени сжатия и воспламенения от дизельного топлива [6]. Наибольшими октановыми и метановыми числами обладает метан (октановое число — 110, метановое — 100) и пропан-бутановая смесь (октановое число — $99\text{—}106$, метановое число — около 90). Это позволяет использовать их в дизельных двигателях в качестве моторного топлива при условии подачи в камеру сгорания запальной дозы дизельного топлива.

Преимущества применения метана в качестве топлива для дизельных двигателей: 1) низкая стоимость по сравнению с пропан-бутаном; 2) значительно больший процент замещения газом жидкого топлива (до 80%) по сравнению с пропаном (до 60%) [7]. Недостатки применения метана в качестве топлива для дизельных двигателей: 1) высокая стоимость оборудования; 2) увеличение веса автомобиля или трактора по сравнению с системой, работающей на пропан-бутановой смеси; 3) меньше развита сеть АЗС в Республике Беларусь. Преимущества применения пропана в газодизельном двигателе: 1) вместимость баллонов значительно выше по сравнению с метаном; 2) более развита сеть АЗС.

Заключение. На основании анализа преимуществ и недостатков метана и пропан-бутановой смеси в качестве моторного топлива однозначно выявлено, что метан имеет более высокое октановое и метановое число, что позволяет его использовать в двигателях с высокой степенью сжатия по сравнению с пропаном (т. е. более применим к дизельным двигателям), а также процент замещения выше, стоимость метана ниже стоимости пропана.

Список цитируемых источников

1. Газодизельный двигатель [Электронный ресурс] // Общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия со свободным контентом. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Газодизельный_двигатель. — Дата доступа: 09.10.2017.
2. Сжатый природный газ [Электронный ресурс] // Общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия со свободным контентом. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сжатый_природный_газ. — Дата доступа: 10.10.2017.
3. Пропан — сжиженный газ, альтернатива бензину. Пропан на автомобиле [Электронный ресурс] // Официальный сайт СТО «Автогаз». — Режим доступа: http://gbo.ua/ru_propan-gbo.html. — Дата доступа: 10.10.2017.
4. Мамедова, М. Д. Транспортные двигатели на газе / М. Д. Мамедова, Ю. Н. Васильев. — М. : Машиностроение, 1994. — 224 с.
5. Марков, В. А. Топлива и топливоподача многопливных и газодизельных двигателей / В. А. Марков, С. И. Козлов. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 296 с.
6. Малышкин, П. Ю. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей применением газовых топлив / П. Ю. Малышкин // Вестн. Брян. гос. с.-х. акад. — 2014. — № 3. — С. 60—62.
7. Карташевич, А. Н. Использование альтернативных топлив в тракторных двигателях внутреннего сгорания / А. Н. Карташевич, А. А. Тригуб // Вестн. Брян. гос. с.-х. акад. — 2014. — № 3. — С. 28—30.

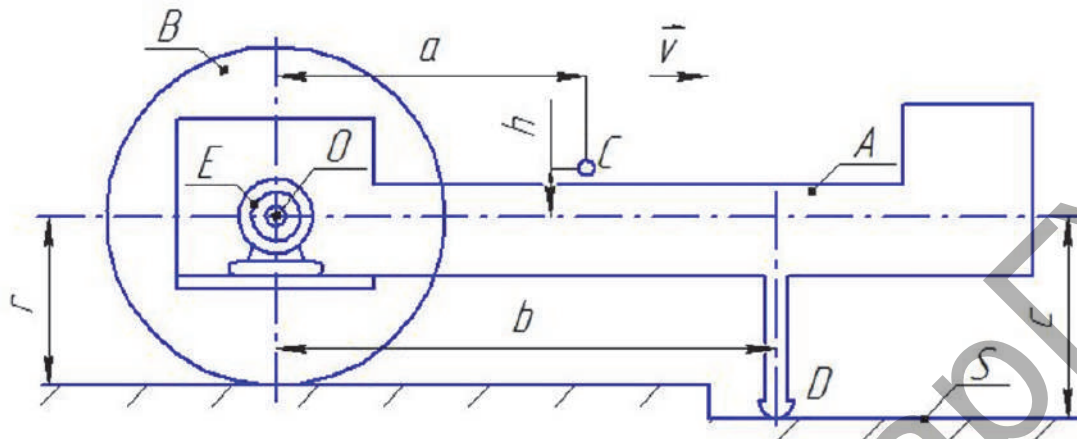
УДК 531.8

С. І. Русан, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт, І. М. Дыдышка
Установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт», Баранавічы

ДАСЛЕДАВАННЕ ДЫНАМІЧНЫХ І КІНЕМАТЫЧНЫХ ХАРАКТАРЫСТЫК РУХУ МАБІЛЬНАЙ МЕХАНІЧНАЙ СІСТЭМЫ

Уступ. Мэта даследавання — распрацоўка алгарытма пошуку аптымальных параметраў руху мабільнай механічнай сістэмы (машыны). Пакажам яе спрошчаную мадэль (рысунк 1). Мабільная сістэма складаецца са станіны A масы m_A з рабочым органам D , кола B масы m_B і электрарухавіка E , маса якога далучана да целаў A

і B і ўлічана ў значэннях m_A , m_B . Момент, ствараемы рухавіком, на рысунку абазначаны літарай M . Аб паходжанні назвы сістэмы і яе прызначэнні напісана у работах [1; 2], працягам якіх з'яўляецца дадзенае даследаванне.



Рысунк 1 — Агульны выгляд мабільнай механічнай сістэмы

Асноўная частка. У працэсе работы машыны выдзяляецца некалькі характэрных яе станаў. Пасля ўключэння рухавіка ствараемы ім момант за прамежак часу τ узрастае ад нуля да стартавага (пачатковага) значэння M_n . Пры $t = \tau$ пачынаецца рух мабільнай сістэмы ў пераходным рэжыме працягласцю $t = \tau_y$; пры гэтым яе скорасць узрастае ад нуля да некаторага ўсталяванага значэння ϑ_y . Далей рух машыны працягваецца з пастаяннай скорасцю ϑ_y . Падчас руху магчыма зніжэнне скорасці да велічыні $\mu\vartheta_y$, дзе $\mu < 1$ — каэфіцыент зніжэння ўсталяванай скорасці. Разглядаюцца два рэжымы тармажэння: тармажэнне рухавіком і з дапамогай адмысловай тармазнай сістэмы. Адпаведныя ім тармажныя шляхі будзем абазначыць праз s_1 , s_2 . Для мабільнай машыны дамінуючае значэнне мае яе манеўровасць, якая залежыць ад такіх характарыстык, як M_n , ϑ_y , τ_y , s_1 , s_2 . У машынах рознага прызначэння дамінуюць розныя характарыстыкі. Атрыманая ва ўпамнутых работах [1; 2] тэарэтычныя залежнасці паміж інерцыйнымі, дынамічнымі і кінематычнымі параметрамі дазваляюць на пачатковай стадыі праектавання мабільных машын устанавіць патрэбныя аптымальныя характарыстыкі іх руху.

Прыводзім некаторыя з атрыманых суадносін:

$$(M_n = a_2/a_1; \vartheta_y = D_1/k^2; \tau = b_1 \ln[b_3/(b_3 - b_2 M_n)]/b_2; s_1 = \gamma_1 \vartheta_y; s_2 = \gamma_2 \vartheta_y^2). \quad (1)$$

Механічная характарыстыка $M(t)$ рухавіка E задаецца дыферэнцыяльным ураўненнем

$$b_1 \frac{dM}{dt} + b_2 M = b_3 - \alpha \omega. \quad (2)$$

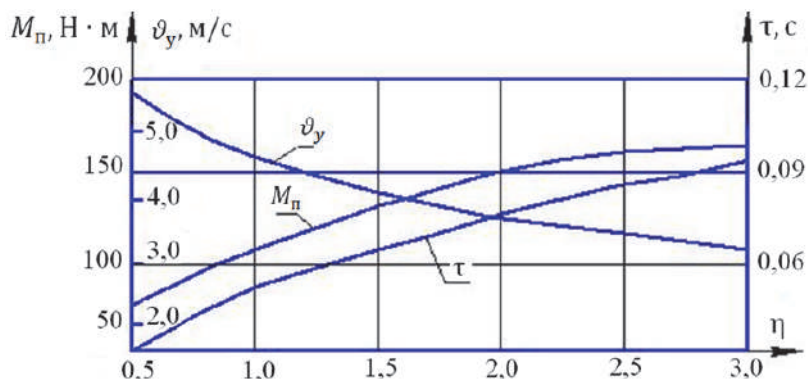
У формулах (1), (2) прыняты абазначэнні: $a_1 = f + d/r$; $a_2 = f a m_A g$; $a_3 = m_{np} d - f h m_A$; $m_{np} = m_A + (1 + \frac{i_{\xi}^2}{r^2}) m_B$; $d = b - f c$; $D_1 = (a_1 b_3 - a_2 b_2)/a_3 b_1$; $k = \sqrt{\alpha a_1 / r a_3 b_1}$; $\gamma_1 = \sqrt{[(1 - \mu^2) r b_1 / \alpha] (a_3 / a_1)}$; $\gamma_2 = [(1 - \mu^2) / 2] (a_3 / a_2)$; b_1, b_2, b_3, α — пастаянныя параметры; ω — вуглавая скорасць кола B ; f — каэфіцыент трэння на апоры D ; a, b, c, r, h — геаметрычныя параметры мабільнай сістэмы (гл. рысунк 1); i_{ξ} — радыус інерцыі кола B ; $g = 9,81 \text{ м / с}^2$. Для вивучэння залежнасцей дынамічных і кінематычных характарыстык мабільнай сістэмы ад суадносін мас m_A і m_B уводзім абазначэнні $m_A/m_B = \eta$, $m_A + m_B = m$; тады атрымаем (a_1 не змяняецца); $a_2 = f a m g \eta / (1 + \eta)$; $a_3 = [(d - f h) \eta / (1 + \eta) + (1 + \frac{i_{\xi}^2}{r^2}) d / (1 + \eta)] m$; $M_n = c_1 [1 - 1 / (1 + \eta)]$, дзе $c_1 = f a m g / a_1$.

З апошняй формулы відаць, што пры $\eta \rightarrow \infty$ $M_n \rightarrow c_1$.

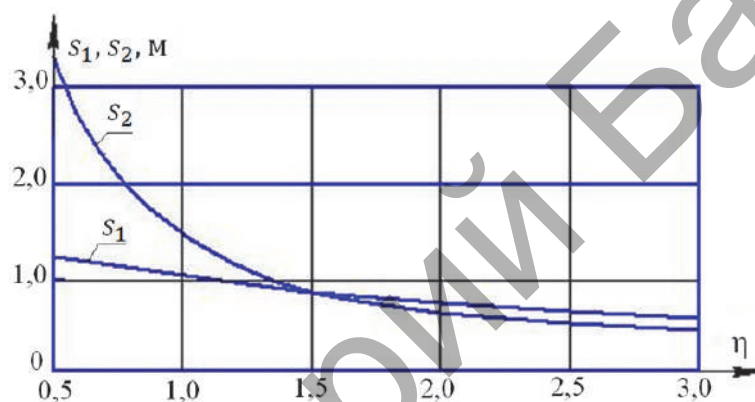
Каб вивучыць уплыў трэння слізгання на тыя ж характарыстыкі, велічыні a_1, a_2, a_3, M_n мэтазгодна запісаць у выглядзе $a_1 = b/r + (1 - c/r)f$; $a_2 = a[\eta/(1 + \eta)]fmg$; $a_3 = (1 + \eta + (\frac{i_{\xi}^2}{r^2}))bm/(1 + \eta) - [(1 + \eta + (\frac{i_{\xi}^2}{r^2}))c + h\eta]mf/(1 + \eta)$; $M_n = a[\eta/(1 + \eta)]fmg/a_1$.

Канкрэтызуюем параметры сістэмы: $m_A = 40$ кг; $m_B = 90$ кг; $r = 0,45$ м; $i_\xi = 0,4$ м; $f = 0,4$ м; $a = 1,6$ м; $h = 0,1$ м; $b = 1,7$ м; $c = 0,6$ м; $\alpha = 3,5$; $b_1 = 2,28 \cdot 10^{-2}$; $b_2 = 0,20$; $b_3 = 60$; $\mu = 0,9$.

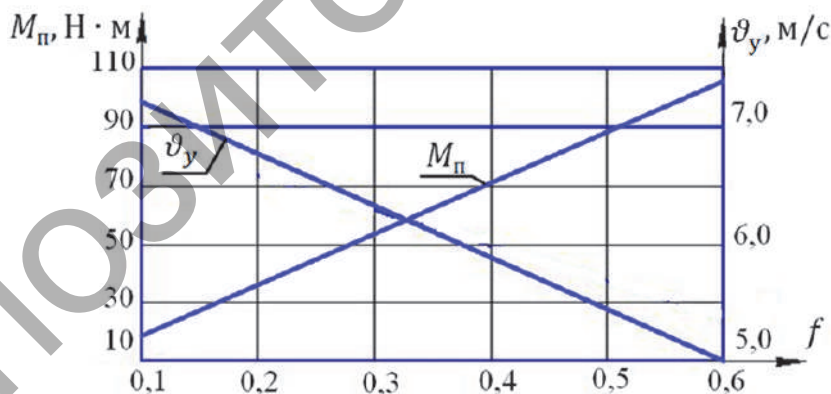
Вынікі разлікаў па формулах (1) прадстаўлены ў графічным выглядзе на рысунках 2—4.



Рысунк 2 — Залежнасці пачатковага моманту M_n , усталюванай скорасці ϑ_y і часу τ пачатку руху ад суадносін мас η



Рысунк 3 — Залежнасці гармазных шляхаў s_1, s_2 ад суадносін мас η



Рысунк 4 — Залежнасць велічынь M_n і ϑ_y ад каэфіцыента трэння f

Заклучэнне. Устаноўленыя аналітычныя залежнасці характарыстык мабільнай механічнай сістэмы ад суадносін мас яе частак і трэння слізгання і метадыка іх атрымання могуць быць выкарыстаны на пачатковай стадыі праектавання мабільных машын.

Спіс цытаваных крыніц

1. Дыдышка, І. М. Вызначэнне стартавага моманту электрарухавіка для зададзенай мабільнай механічнай сістэмы / І. М. Дыдышка, С. І. Русан // Содружество наук. Барановічы-2017 : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановічы, 18—19 мая 2017 г. — Барановічы : РИО БарГУ, 2017.
2. Русан, С. І. Даследаванне руху мабільнай сістэмы ў пераходным рэжыме / С. І. Русан, І. М. Дыдышка // Содружество наук. Барановічы-2017 : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановічы, 18—19 мая 2017 г. — Барановічы : РИО БарГУ, 2017.

АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ В АГРОЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Введение. В последние годы в Республике Беларусь широкое распространение получило производство лекарственных препаратов на натуральной растительной основе. Из общего количества лекарственных средств, принятых фармакопеей, около 40% составляют препараты растительного происхождения. Одной из наиболее востребованных лекарственных культур в нашей республике для производства таких препаратов является валериана лекарственная (*Valeriana officinalis* L.). Препараты, изготовленные на основе сырья валерианы (корней с корневищами), входят в перечень жизненно необходимых лекарственных средств [5; 6].

Почвенно-климатические условия Беларуси благоприятны для получения сырья высокого качества. Из-за устаревших технологий и глобального изменения климата в последние годы сельскохозяйственные предприятия существенно сократили объемы выращивания сырья валерианы лекарственной [1]. Как следствие, ряд фармацевтических предприятий перепрофилировались на полуфабрикаты зарубежного производства или на импортное, не всегда качественное сырье. Поэтому все чаще поднимается вопрос о масштабном промышленном культивировании в Беларуси наиболее важных лекарственных растений, в частности валерианы лекарственной, с применением современных технологий выращивания.

Валериана лекарственная содержит эфирные масла, валериановые кислоты, органические кислоты, алкалоиды и многие другие ценные органические вещества. Препараты, получаемые из валерианы лекарственной, оказывают положительное регулирующее влияние на нервную систему человека, сердечную мышцу, способствуют расширению коронарных сосудов и нормализуют кровообращение. Валериана эффективна при повышенной нервной возбудимости и спазматических болях в желудке и кишечнике на нервной почве, при бессоннице и невротическом сердцебиении [1; 2].

Основная часть. В настоящее время потребность в сырье валерианы удовлетворяется главным образом за счет сырья, получаемого с промышленных плантаций. Заготовки дикорастущей валерианы имеют второстепенное значение. Валериану лекарственную можно возделывать рассадным и безрассадным способами. Рассадная технология широко применяется в Западной Европе (Польша, Германия) и в Республике Беларусь, где основным производителем валерианы остается КСУП «Большое Можейково» Щучинского района Гродненской области. Плантации валерианы создаются посевом семян непосредственно в поле или посадкой мелких корневищ. Культура занимает поле 2 года при посеве семян и 1 год — при посадке мелких корневищ.

Почвы. Произрастая в природных условиях на самых разнообразных почвах, в культуре валериана дает удовлетворительные урожаи только на плодородных участках легкого и среднего гранулометрического состава. Хорошие урожаи получают на осушенных и окультуренных торфяниках. Растения предпочитают почвы с pH 5,8—6,3 [4; 5].

Предшественники и обработка почвы. Наиболее благоприятными предшественниками для товарных плантаций валерианы являются картофель и овощные культуры, а также озимые зерновые, идущие по бобовым культурам, занятые пары, оборот пласта многолетних трав и ранобураемые кормовые культуры (озимая рожь и бобовые на зеленый корм) [1]. Сразу после уборки предшествующей культуры проводят лущение дисковыми или лемешными лущильниками в зависимости от видового состава сорняков. На формирование урожая оказывает существенное влияние глубокая вспашка: корни и корневища валерианы на почвах с глубоким пахотным слоем развиваются значительно лучше, облегчается уборка урожая [1; 4].

Удобрения. Валериана отзывчива на удобрения. Лучший эффект получается при совместном внесении органических и минеральных удобрений. Под вспашку вносят органические удобрения в дозе 60 т / га навоза и минеральные — Р60 К120 [1]. На первом году в фазе розетки растения подкармливают нитроаммофоской в дозе 50 кг на 1 га. Хороший эффект оказывают подкормки азотными удобрениями, которые проводят весной на второй год вегетации растений из расчета 90 кг д. в. на 1 га [2].

Посев. Семена можно высевать ранней весной, летом или под зиму. Весной семена высевают в самые ранние сроки, не допуская разрыва между подготовкой почвы и посевом. При летнем посеве семена высевают во второй половине июля с таким расчетом, чтобы до наступления морозов растения образовали розетку с 3—5 настоящими листьями. Летний посев позволяет исключить две прополки и этим снизить затраты труда. Нормы посева семян первой категории при ранневесеннем и летнем посевах — 8 кг / га. Для более раннего проведения междурядных обработок вместе с семенами валерианы при весеннем и летнем посеве высевают семена быстрорастущих культур (100 г на 1 га). Подзимний посев хорошо удается на легких почвах, на участках, защищенных от ветровой эрозии. Подзимний посев может быть рекомендован для всех зон возделывания. Лучший срок посева — с конца октября до начала ноября. Нормы посева семян первой категории при подзимнем посеве — 10 кг / га. В условиях устойчивого увлажнения эффективен посев валерианы под покров яровых зерновых и зерно-

бобовых культур, осуществляемый сразу после посева покровной культуры. Для посева используют овощные сеялки. Ширина междурядий — 45 см. Глубина посева — 1—2 см при весеннем и летнем сроках, а при подзимнем семена высевают в борозды на 2 см без заделки. При ограниченном количестве семян возможен рассадный способ выращивания валерианы. Для рассадной культуры используют корневища с массой 2,5—3,5 г.

Уход. Работы по уходу состоят из рыхления междурядий, прополок, подкормок, удаления цветonoсных побегов на товарных плантациях, борьбы с сорняками, вредителями и болезнями. При загущенных всходах проводят прореживание. За вегетационный период проводят 3—4 междурядных рыхления. Применение гербицидов и своевременные междурядные обработки почвы полностью исключают ручные прополки посевов. Для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками в посевах валерианы разрешены гербициды: Фюзилад форте, КЭ (0,75—2 л / га), Трифлурекс™ (2 л / га) — опрыскивание почвы (с немедленной заделкой) до посева культуры; Миура, КЭ (1,0 кг / га) — опрыскивание плантаций в фазе 2—4 листьев проса курино и высоте пырея ползучего 10—15 см [1; 7]. Перед зимовкой растения окучивают. На второй год жизни растения при выращивании валерианы на сырье для увеличения корнеобразования периодически по мере появления цветочных стеблей проводят удаление цветonoсов (вершкование). Скашивание цветonoсов осуществляют на высоте 15 см от поверхности почвы. На семенниках вершкования не проводят.

Для получения максимальной урожайности корней и корневищ валерианы лекарственной и наибольшего сбора экстрактивных веществ с единицы площади необходимо проводить некорневые подкормки микроэлементами в три срока: 1-я некорневая подкормка микроэлементами — в фазе 3—4 настоящих листьев (III декада июня); 2-я — в фазе 5—6 настоящих листьев (III декада июля), 3-я — в фазе 10—12 настоящих листьев (III декада августа). В каждую подкормку рекомендуется вносить три микроэлемента — $B_{0,1}Cu_{0,1}Zn_{0,1}$ в хелатных формах [1; 2; 4]. Для орошения можно использовать систему капельного полива, укомплектованную поливными трубопроводами диаметром 16 мм с расстоянием между капельницами 20 см. Номинальный расход воды 1 линейного метра поливного трубопровода при давлении 1,0 атмосферы составлял 6,2 л / час. Орошение дает возможность вовремя получить гарантированные всходы культуры, благодаря чему растения успевают сформировать 3—4 настоящих листа до заморозков [3].

Уборка. Прирост корней отмечается до середины сентября, поэтому к уборке корня приступают поздней осенью (октябрь—ноябрь) за неделю до замерзания почвы. Надземную массу удаляют косилками-измельчителями КИР-1,5. Уборку проводят валерианоуборочным комбайном ВК-0,3А или переоборудованными картофелеуборочными комбайнами и картофелекопалками. Выкопанные и очищенные от земли корни моют на барабанных или лопастных моечных машинах или линиях ЛМК-5. Вымытое сырье провяливают на открытом воздухе или в закрытом помещении. Подвяленные корни измельчают и сортируют на сортировочной машине ОВП-20. Трава должна быть скошена в период бутонизации и цветения, порезана и высушена. Используется в качестве сырья для получения водно-спиртового экстракта.

Сушка. Сушку корней проводят в сушилке при невысокой температуре (до 40°C). При высушивании окраска корней валерианы изменяется и становится темно-бурой. Урожайность сухого корня валерианы — 20—30 ц с 1 га. Цельное сырье упаковывают в тюки, а резаное — в мешки.

Хранение. Хорошо высушенный валериановый корень имеет сильный своеобразный запах, его нужно хранить в сухом месте отдельно от других растений. Нельзя допускать промерзания сырья, так как это ведет к потере его лекарственных качеств. При правильном хранении сырье не теряет своих лечебных свойств в течение трех лет [1; 6].

Заключение. Проанализировав агробиологические особенности технологии выращивания валерианы лекарственной, можно сделать вывод, что почвенно-климатические условия Республики Беларусь соответствуют биологическим особенностям валерианы лекарственной и благоприятны для получения высококачественного урожая корней и корневищ.

Список цитируемых источников

1. Агробиологические особенности выращивания валерианы лекарственной в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь / Г. М. Милоста [и др.]. — Гродно : ГГАУ, 2015. — 235 с.
2. Влияние микроудобрений на биохимический состав корня валерианы лекарственной / А. Г. Ничипорук [и др.] // Весці. — 2014. — № 3. — С. 5—10.
3. Приведенюк, Н. В. Влияние капельного орошения на рост и развитие валерианы лекарственной / Н. В. Приведенюк // Земледелие и защита растений. — 2016. — № 5. — С. 12—16.
4. Химический состав валерианы лекарственной и вынос элементов минерального питания продукцией / А. Г. Тарасевич [и др.] // Весці. — 2015. — № 2. — С. 64—68.
5. Тарасенко, С. А. Физиолого-биохимические основы высокой продуктивности лекарственных растений в агроценозах : монография / С. А. Тарасенко, С. В. Брилева, О. А. Белоус. — Гродно : ГГАУ, 2008. — С. 8—41.
6. Шкляр, А. П. Пряноароматические и лекарственные культуры в Беларуси (инновация, технологии, экономика и организация производства) / А. П. Шкляр. — Минск : БГАТУ, 2014. — 200 с.
7. Якимович, Е. А. Защита валерианы лекарственной / Е. А. Якимович // Наше сел. хоз-во. — 2014. — № 23. — С. 42—49.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТА ИСКУССТВЕННЫХ ДИОДОВ РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА РИЗОГЕНЕЗ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.*) В КУЛЬТУРЕ ИН ВИТРО

Введение. Размножение растений с помощью биотехнологических методов подразумевает создание и использование оптимальных для роста и развития культуры условий. При этом следует учитывать влияние на растительный материал как химических, так и физических параметров: состав и свойства искусственной питательной среды, температура окружающего воздуха, относительная влажность, а в особенности световой режим и качество света. Общеизвестно, что основными поставщиками энергии для процесса фотосинтеза являются красные и синие лучи видимого спектра излучения, они же в свою очередь влияют на интенсивность роста и развития растения. Существующие методики клонального микроразмножения требуют совершенствования с учетом применения современных ресурсосберегающих технологий на основе света искусственных диодов СИД. Эффективность светодиодных установок во многом обусловлена их высокой светоотдачей, отсутствием теплового и ультрафиолетового излучения, а также энергоемкостью и длительностью ресурса работы.

Актуальность исследований состоит в том, что корректировка качественного и количественного состава света необходима на каждом этапе технологии получения безвирусного посадочного материала, так как направленное действие узкополосного света способно контролировать и направлять морфобиологические процессы, протекающие в растительном организме. Этап укоренения растений-регенерантов в культуре ин витро, несомненно, важен, поскольку в дальнейшем от него зависит эффективность процесса адаптации растений к нестерильным условиям экс витро.

Целью нашего исследования было изучение влияния света искусственных диодов различного спектрального состава на ризогенез земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa Duch.*) в культуре ин витро.

Основная часть. Исследования проводили в лаборатории кафедры сельскохозяйственной биотехнологии и экологии БГСХА в 2015 году. В качестве объектов исследования были выбраны растения-регенеранты земляники садовой сорта Дукат средне-раннего срока созревания. Растения культивировали в течение 30 дней на искусственной питательной среде по прописи Мурасиге-Скуга половинного состава без добавления регуляторов роста при температуре +23—25°C, относительной влажности воздуха 70 ± 3%, световом режиме 16/8 ч. Повторность двукратная, по 15 растений на повторность.

В качестве экспериментальных источников освещения использовали светодиодные ленты Arlight RT 2 — 500 12V: белого, синего (470 нм) и красного (625 нм) спектра, а также светодиодную установку, сочетающую в себе комбинацию красного и синего спектров в соотношении 3 : 1. В качестве контрольного варианта применяли люминесцентные лампы белого света Cool Daylight (765 нм) марки OSRAM с мощностью напряжения 36 Вт.

Для оценки эффективности воздействия источника искусственного освещения на развитие растений *Fragaria* × *Ananassa Duch.* в культуре ин витро на этапе укоренения были изучены следующие биометрические показатели: количество корней, длина корневой системы, объем корневой системы растения-регенеранта по методу Сабинина—Колосова [1], доля укорененных растений-регенерантов, высота микророзеток, общее состояние укореняемого растения согласно критериям, предложенным С. Э. Семенас [2].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы MS Excel 2007.

Основную массу растворенных питательных веществ, минеральных солей, воды и кислорода растения получают из почвы через корневую систему, поглотительная способность которой зависит от её длины, объема, физиологической активности и соотношения деятельной и недейтельной поверхности. Успех этапа адаптации растений к нестерильным условиям напрямую зависит от мощности сформированной корневой системы растения на этапе ризогенеза.

Анализ результатов исследований позволил установить различия в биометрических параметрах растений-регенерантов земляники садовой на этапе укоренения в условиях различного освещения.

Так, согласно полученным данным, количество корней у растений-регенерантов земляники садовой сорта Дукат в культуре ин витро изменялось в зависимости от условий освещения. Корневая система растений-регенерантов, сформированная в условиях синего света, имела достоверно большее число корней (10,8 шт.) по сравнению с контрольным вариантом (6,8 шт.) при НСР_{0,05}, равном 2,61.

Значения длины корневой системы растений-регенерантов изменялись в пределах от 2,5 до 5,4 см. Установлено, что влияние белого и синего света светодиодов способствовало росту корней в длину в сравнении с контрольным вариантом освещения при НСР_{0,05}, равном 1,03. Культивирование растений в условиях красного спектра светодиодов, наоборот, сдерживало рост корней растений (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Влияние света искусственных диодов различного спектрального состава света на биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) на этапе укоренения в культуре ин витро.

Вариант	Количество корней, шт. (a)	Длина корневой системы, см (b)	Объем корневой системы растений-регенерантов, см ³ (c)	Доля укорененных растений-регенерантов, %	Высота микророзетки, см (d)	Общее состояние укореняемого растения, балл
Контроль (Cool Daylight)	6,8	3,3	0,28	98,0	3,8	2
Белый	7,2	5,2	0,31	100,0	4,0	2
Синий	10,8	5,4	0,40	100,0	4,5	2
Красный	6,8	2,5	0,35	100,	4,4	2
Синий/красный 1 : 3	6,9	3,7	0,32	99,9	3,7	2
НСР _{0,05}	2,61	1,03	—	—	0,65	—
Корреляция (r)	(a / b) 0,69*	—	(c / a) 0,83**	—	—	—

Примечание. * — $0,5 < r < 0,7$ — средняя; ** — $r > 0,7$ — сильная (уровень значимости $P \leq 0,05$).

Выявлено, что наибольшим объемом корневой системы обладали растения, выращенные в условиях синего света светодиодов (0,40 см³), что в 1,4 раза выше, чем в контрольном варианте (0,28 см³). Различия между контрольным вариантом и показателями объемов корневых систем растений-регенерантов земляники садовой сорта Дукат, полученных под другими источниками освещения, были недостоверны.

Доля укорененных растений-регенерантов в зависимости от условий освещения составила от 98,0% в контрольном варианте до 100% на белом, синем и красном свету соответственно.

При оценке высоты микророзеток земляники садовой сорта Дукат выявлено, что значение показателей данного параметра не превысило 4,5 см при культивировании растений на синем свету, что на 0,7 см выше, чем в контрольном варианте (3,8 см). Наиболее компактные растения-регенеранты были сформированы в условиях воздействия комбинированного источника освещения, сочетающего в себе синий и красный спектры света в соотношении 1 : 3 (3,7 см), что в 1,2 раза ниже, чем при использовании синего света светодиодов. Данные о положительном влиянии синего спектра света на величину микророзеток земляники садовой в культуре ин витро согласуются с результатами наших предыдущих исследований по изучению особенностей развития растений-регенерантов земляники садовой при различном освещении [3].

Установлено, что культивирование растений-регенерантов *Fragaria* × *Ananassa* Duch. в условиях различного освещения никак не повлияло на общее состояние укореняемых конгломератов. Всем без исключения микрорастениям был присвоен балл, равный двум.

Анализируя связь между количеством и длиной корневой системы, можно сказать, что для земляники садовой сорта Дукат выявлена средняя прямая зависимость ($r = 0,69$) между оцениваемыми показателями. Кроме того, мы предположили, что есть определенная корреляция между объемом корневой системы и ее количественными показателями. Так, объем корневой системы растений-регенерантов находится в сильной прямой зависимости ($r = 0,83$) от количества корней и не зависит от ее длины ($r = 0,36$). Вместе с тем отметим, что нет существенной связи между показателями длины корневой системы растений-регенерантов земляники садовой сорта Дукат и высотой микророзеток ($r = 0,18$).

Заключение. В результате проведенных исследований выявлено, что растения, выращенные в условиях воздействия синего света светодиодов, достоверно превысили показатели контрольного варианта по параметрам количества и длины корней, а также высоты сформированных микророзеток. При этом доля укорененных растений составила 100%, общее состояние укореняемого растения было оценено в два балла из трех возможных. Таким образом, в целях получения растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) сорта Дукат с развитой корневой системой в культуре ин витро, целесообразно использовать синий спектр света искусственных диодов.

Список цитируемых источников

1. Учебно-полевая практика по физиологии растений : практикум / Ж. Э. Мазец [и др.]. — Минск : БГПУ, 2012. — 108 с.
2. Семенов, С. Э. Клональное микроразмножение земляники садовой и оздоровление от патогенных вирусов : дис. ... канд. с/х наук : 06.01.05 / С. Э. Семенов. — Самохваловичи, 2004. — 112 л.
3. Шпак, М. Ю. Особенности развития растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* при различном освещении / М. Ю. Шпак, Т. В. Никонович // Вестн. БГСХА. — 2015. — № 3. — С. 73—78.