

ПРЕДИСЛОВИЕ

Техника и технология в современном обществе занимают важнейшее место. С развитием вычислительной техники все значительнее становится роль компьютерного моделирования в решении прикладных и научных задач. При этом выбор языка программирования оказывает огромное влияние на реализацию полученной модели. Одним из ключевых 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 V Международной научно-практической конференции инженерного факультета «Техника и технологии: инновации и качество», проведенной с участием Совета молодых ученых и студенческого научного общества БарГУ.

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», «Актуальные проблемы математики, физики и информатики. Обеспечение качества подготовки специалистов инженерного профиля», «Адаптивные подходы к совершенствованию производства сельскохозяйственной продукции» представлены на русском языке. В направлениях «Современные технологии обработки и упрочнения деталей машин» и «Тенденции развития техники и автоматизации производства» есть материалы на белорусском языке. Сборник включает научные работы преподавателей учреждений высшего образования, аспирантов, магистрантов, научных и практических работников, студентов Республики Беларусь, России, Латвии, Таиланда и Чехии.

СЕКЦИЯ 1

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

УДК 347.77.012.4

В. В. Высоких, О. М. Бакунова, А. М. Бакунов, О. Н. Образцова, кандидат технических наук, доцент, **И. Л. Калитеня**
Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ

Введение. При инновационной и научной деятельности важной составляющей является защита прав на изобретение, полученное в результате данной деятельности. Основным охраняемым документом в данном случае является патент. Патенты выдаются различными государственными органами исполнительной власти по интеллектуальной собственности — так называемыми патентными офисами. Для Республики Беларусь — это Национальный центр интеллектуальной собственности, для Японии — Japanese Patent Office (JPO), для Соединенных Штатов Америки — United States Patent and Trademark Office (USPTO). Каждый патентный офис имеет свою собственную форму заявки, что вызывает некоторые сложности при ее подаче.

Основная часть. Основным компонентом программного комплекса является система управления интеллектуальной собственностью, которая решает вышеупомянутую проблему. Подача заявки через систему осуществляется посредством унифицированной формы, предоставляемой пользователю системой. Форма содержит как общие поля, так и специфические, необходимые для подачи заявки в конкретный патентный офис. После заполнения пользователем формы система осуществляет проверку введенных данных на правильности заполнения. В случае, если форма заполнена верно, начинается процесс генерации заявки в соответствии с необходимым форматом заявки целевого патентного офиса.

Другой важной функцией системы управления интеллектуальной собственностью является возможность поиска необходимых патентов и товарных знаков. При этом нужно обеспечивать необходимую безопасность для данных. Исходя из этого, необходима поддержка децентрализованной базы данных, которая могла бы храниться в различных экземплярах для разных организаций. В качестве СУБД применена Microsoft SQL Server, использующая в качестве языка запросов диалект Transact-SQL и предназначенная для работы с крупными базами данных масштаба предприятия [2].

Ввиду того что формы заявок (наименования полей, допустимые значения и т. д.) варьируются в зависимости от целевого патентного офиса, предусмотрена возможность построения динамического пользовательского интерфейса. Для реализации данного подхода созданы специальные вспомогательные таблицы в базе данных, которые хранят описание (метаданные) пользовательского интерфейса для соответствующих полей и таблиц, такие как тип пользовательского элемента управления и его позиция на экране. Также описание содержит определенные правила заполнения полей, такие как максимально допустимая длина, минимальное и максимальное значение, тип данных.

Система управления интеллектуальной собственностью построена по принципу «клиент—сервер». Как на стороне сервера, так и на стороне клиента в качестве платформы программирования используется Microsoft .NET Framework и язык программирования C#, предоставляющий широкие возможности в написании корпоративного программного обеспечения [1].

Не менее важным компонентом программного комплекса является система раскрытия изобретений. В основе данной системы лежит принцип коллаборации — объединения группы лиц для реализации представленного изобретения.

Первый шаг в раскрытии изобретения — отправка заявки, происходящая в два этапа. В целях безопасности и удобства программное средство помогает пользователю верно заполнить заявку.

Основными данными для первого этапа заполнения заявки являются: наименование заявки; целевая область использования изобретения.

На втором этапе пользователю предлагается предоставить следующие данные: файл формы участника; файлы-приложения; цель изобретения; список внутренних участников (сотрудники предприятия); список внешних участников (лица, не являющиеся сотрудниками предприятия); поверенное лицо; руководитель исследования.

После прохождения двух этапов подачи заявки она отправляется на подтверждение к руководителю исследования. Он тщательно просматривает заявку на предмет ошибок. Далее он имеет право перевести заявку в один из статусов: «Мало информации», «Отклонено», «Подтверждено». При переводе заявки в новый статус необходимо указать причину перевода (комментарий).

Статус «Мало информации» означает, что ответственное лицо в целом принимает заявку, однако для ее подтверждения необходимо больше информации. Заявка с таким статусом отправляется назад к оформителю.

Статус «Отклонено» подразумевает, что ответственное лицо категорически не согласно с поданной заявкой ввиду определенных обстоятельств. Примером таких обстоятельств может являться полное или частичное повторение другого изобретения, а также неактуальность или невозможность реализации.

Заявки в статусе «Подтверждено» отправляются дальше на подтверждение поверенному лицу.

Далее поверенное лицо осуществляет повторную проверку заявки и также имеет право перевести заявку в один из статусов, за исключением того, что статус «Подтверждено» будет означать то, что заявка прошла отбор и готова к разработке.

На каждом этапе действует система уведомлений, позволяющая своевременно обнаружить изменение статуса заявки, а также отслеживать весь ее путь от подачи до реализации.

Заключение. Данная система будет полезна как организациям, разрабатывающим инновационные технологии и желающим защитить права на свою интеллектуальную собственность, так и тем, кому в своей деятельности или производстве необходимо использовать весь потенциал современных инноваций.

Список цитируемых источников

1. Кригель, А. SQL. Библия пользователя. Язык запросов SQL — SQL Bible / А. Кригель, Б. Трухнов. — 2-е изд. — М.: Диалектика, 2009. — 752 с.
2. Рихтер, Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#. / Дж. Рихтер. — СПб.: Питер : Рус. Ред., 2012. — 656 с.

УДК 338.45:004

Ю. Е. Горбач, П. А. Виноград

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ, УЧЕТА И АНАЛИЗА ФИНАНСОВЫХ РАСХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение. Денежные расходы предприятия — это все расходы, осуществляемые предприятием в ходе его деятельности, приводящие и не приводящие к получению экономической выгоды [1].

Затраты на производство и реализацию продукции связаны с осуществлением предпринимательской деятельности и извлечением прибыли (затрат на заработную плату, сырье, топливо, материалы, электроэнергию и т. д.). Затраты на производство и реализацию продукции являются главной составляющей себестоимости реализованной продукции (работ, услуг) [2].

Целью данной исследовательской работы является разработка автоматизированной системы ведения, учета и анализа финансовых расходов предприятия.

Основная часть. В разрабатываемой информационной системе должны быть следующие возможности: учет производственно-хозяйственной деятельности; просмотр финансовой деятельности предприятия; анализ производственно-хозяйственной деятельности; создание отчетов различных типов; создание диаграммы сравнения производственно-хозяйственной деятельности.

Для создания приложения ведения, учета и анализа финансовой деятельности предприятия был выбран язык объектно ориентированного программирования C# в составе среды разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio 2015 с использованием технологии Entity Framework 6.1.3. СУБД была выбрана Microsoft SQL Server 2014.

Главная форма автоматизированной системы представлена на рисунке 1.

Итоги производственно-хозяйственной деятельности Фирмала ОАО "Берестейский пекарь" Барановичский хлебозавод				
Отчеты Год Сравнение Пользователи				
1 Квартал - 2017				
Наименование	Ед. Изм.	План	Факт	% вып.
Объем производства пром. прод. в фактических отпускных ценах за вычетом налогов и сборов из выручки (12-п.)	тыс. р.	19449	19044	100,5
Объем реализации ТП с НДС.	тыс. р.	22000	22066	100,3
Объем отгруженной продукции без НДС.	тыс. р.	18560	19047	102,62
в т.ч. на экспорт (с торговлей) с НДС	тыс. р.	2000	2073	103,65
в т.ч. на экспорт (с торговлей)	тыс. д.	1191	1039	87,24
Удельный вес экспорта в объеме производства	%	14,3	10,8	75,52

2 Квартал - 2017				
Наименование	Ед. Изм.	План	Факт	% вып.
Объем производства пром. прод. в фактических отпускных ценах за вычетом налогов и сборов из выручки (12-п.)	тыс. р.	19400	0	0
Объем реализации ТП с НДС.	тыс. р.	22600	0	0
Объем отгруженной продукции без НДС.	тыс. р.	1900	0	0
в т.ч. на экспорт (с торговлей) с НДС	тыс. р.	2050	0	0
в т.ч. на экспорт (с торговлей)	тыс. д.	1200	0	0
Удельный вес экспорта в объеме производства	%	15	0	0

Рисунок 1 — Вид главного окна приложения

Для просмотра информации о себестоимости требуется переключиться на вкладку «Себестоимость». Для просмотра информации о труде и заработной плате требуется переключиться на вкладку «Труд и заработная плата». Для просмотра информации о финансовых результатах требуется переключиться на вкладку «Финансовые результаты». Вид вкладки «Финансовые результаты» представлен на рисунке 2.

Пользователь может просматривать информацию за текущий год и за предыдущие годы. Для просмотра данных за предыдущий год требуется выбрать пункт меню «Год» и выбрать интересующий год. Для экспорта отчета в Word и Excel требуется нажать кнопку «Экспорт Word» или «Экспорт Excel» или воспользоваться пунктом меню «Отчеты». Для просмотра диаграмм требуется нажать кнопку «Показать диаграмму», откроется окно, представленное на рисунке 3, и будет отображена диаграмма по таблице.

Итоги производственно-хозяйственной деятельности Фирмала ОАО "Берестейский пекарь" Барановичский хлебозавод				
Отчеты Год Сравнение Пользователи				
1 Квартал - 2017				
Наименование	Ед. Изм.	План	Факт	% вып.
Выручка от реализации продукции с НДС	тыс. р.	20995	22066	105,3
Налоги и сборы из выручки	тыс. р.	1792	1929	107,65
Затраты на производство и сбыт реализованной продукции	тыс. р.	14188	17697	124,73
Прибыль от реализации продукции	тыс. р.	1115	2440	218,83
Прибыль, убыток от текущей деятельности	тыс. р.	2886	1711	59,29
Прибыль, убыток от иной деятельности	тыс. р.	-310	5	1,61
Пени, штрафы, неустойки	тыс. р.	0	0	0
Бухгалтерская прибыль	тыс. р.	2576	1706	66,23
Налогооблагаемая прибыль	тыс. р.	480	466	103,56
Чистая прибыль	тыс. р.	60,7	1240	2042,83
Рентабельность продаж	%	5,32	11,06	207,89

2 Квартал - 2017				
Наименование	Ед. Изм.	План	Факт	% вып.
Выручка от реализации продукции с НДС	тыс. р.	0	0	0
Налоги и сборы из выручки	тыс. р.	0	0	0
Затраты на производство и сбыт реализованной продукции	тыс. р.	0	0	0
Прибыль от реализации продукции	тыс. р.	0	0	0

Рисунок 2 — Вид вкладки «Финансовые результаты»

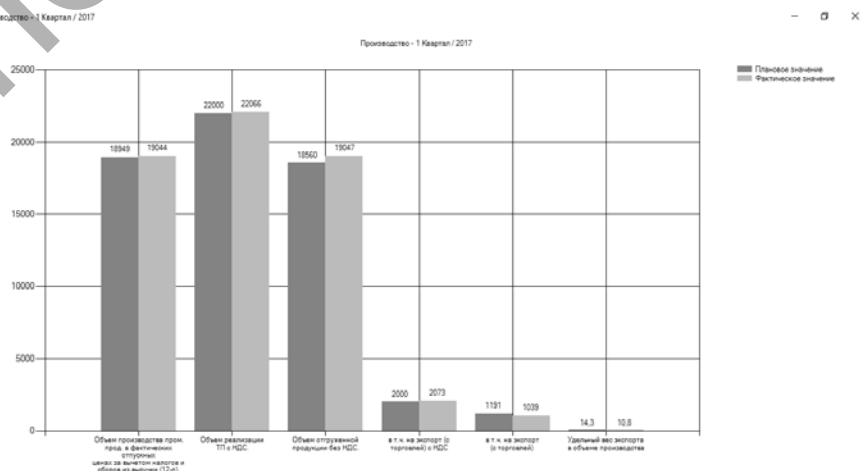


Рисунок 3 — Вид окна просмотра диаграммы

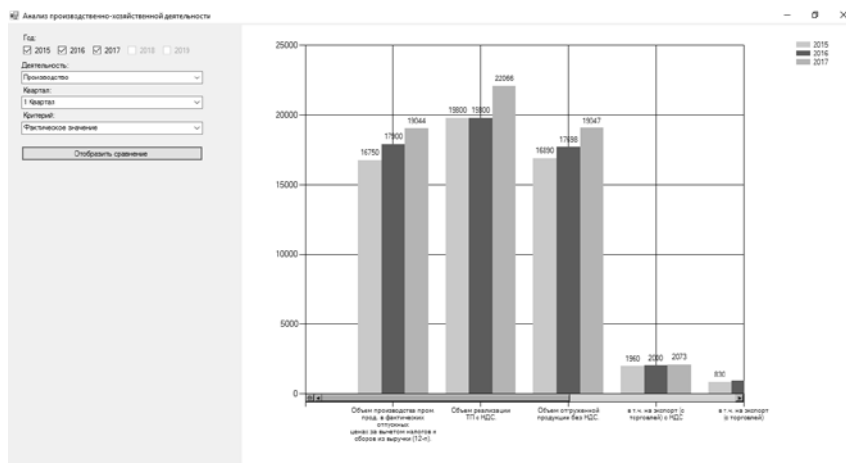


Рисунок 4 — Вид окна анализа деятельности

Для просмотра сравнения данных за разный отчетный период требуется нажать пункт меню «Сравнение». Откроется новое окно, где при выборе нужных параметров отобразится диаграмма сравнения. Пользователь может проводить анализ по следующим критериям: год, квартал, показатель, процент выполнения. Окно анализа деятельности представлено на рисунке 4.

Заключение. Итогом исследовательской работы стала автоматизированная система ведения, учета и анализа финансовых расходов предприятия. Преимуществами использования автоматизированной системы являются удобный интерфейс, быстрый доступ к данным, отображение полной информации о производственно-хозяйственной деятельности предприятия, удобный просмотр анализа производственно-хозяйственной деятельности, просмотр диаграмм финансовой деятельности, экспорт данных в различных форматах.

Список цитируемых источников

1. Денежные расходы предприятия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://finbel.by/Students/InetBooks/BookPage.aspx>. — Дата доступа: 10.10.2018.
2. Затраты на оплату труда при осуществлении текущей деятельности [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gbzp.by/izdaniya/glavnyi-bukhgalter-zarplata/anishchenko-n-zatraty-na-oplatu-truda>. — Дата доступа: 10.10.2018.

УДК 004.75

И. А. Камленок, С. В. Омелюсик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО ВЕБ-САЙТА НА CMS WORDPRESS ДЛЯ ЛУНИНЕЦОГО КУП ВКХ «ВОДОКАНАЛ»

Введение. Интернет крепко вошел в нашу жизнь. Число пользователей глобальной сети в мире растет с каждым днем. В настоящее время наличие сайта — это необходимое условие делового развития в сети Интернет.

Корпоративный сайт — интернет-ресурс, на котором представлена подробная информация о деятельности организации или предприятия: описание услуг, история развития, условия сотрудничества, онлайн-сервисы, открытые вакансии, интересные предложения, новости и прочие факты и события, отражающие деятельность компании. Вся информация, представленная на сайте, обычно собрана в управляемую единую базу данных.

Одним из самых главных достоинств корпоративного сайта является его доступность для заинтересованных пользователей практически из любой точки земного шара. Использование веб-сайта — это возможность сформировать положительный имидж предприятия и расширить аудиторию потенциальных клиентов.

Несомненно, компания, имеющая корпоративный сайт, с полным основанием может быть причислена к лидерам, которые используют для развития своего бизнеса современные технологии, и, соответственно, может предложить потенциальным клиентам товары или услуги самого высокого качества.

Основная часть. Основными задачами, которые требуется решить, являются: характеристика современных систем автоматизации, средств программирования и обоснование выбора средств разработки программного продукта; проектирование и оптимизация базы данных, которая позволит содержать всю необходимую информацию; разработка адаптивного веб-сайта, а также экономические расчеты, демонстрирующие эффективность

использования данного продукта; оценка эффективности работы веб-сайта; разработка руководства пользователя данной системы.

Сайт предприятия должен соответствовать следующим требованиям: возможность редактирования страниц сайта, поиск информации по сайту; на сайте должна быть размещена информация о предприятии, которая в полной мере удовлетворит потребности посетителей интернет-ресурса Лунинецкого КУП ВКХ «Водоканал»; возможность отправки заявки на услуги предприятия для клиентов; возможность отправки электронных обращений предприятию для населения и юридических лиц; просмотр заявок и электронных обращений на стороне предприятия; сайт должен быть реализован на трех языках: русском (по умолчанию), белорусском и английском; адаптивность под различные виды устройств; собственный уникальный дизайн.

Для разработки сайта Лунинецкого КУП ВКХ «Водоканал» была использована CMS Wordpress, а также языки программирования PHP, JavaScript, язык гипертекстовой разметки HTML и формальный язык описания внешнего вида документа CSS.

Для организации защиты данных разрабатываемого сайта необходимо обеспечить распознавание администратора сайта. Распознавание происходит путем проверки введенных имени пользователя и пароля.

Шифрование данных происходит путем хеширования пароля. Хеширование осуществляется путем использования портативной PHP-системы хеширования PasswordNach, который добавляет соль к паролю и хеширует его с 8 проходами MD5.

Криптографическая соль представляет собой данные, которые применяются в процессе хеширования для предотвращения возможности разгадать оригинальный ввод с помощью поиска результата хеширования в списке заранее вычисленных пар ввод—хеш, известном также, как «радужная» таблица. Данная методология хеширования делает поиск результирующего хеша в таком списке очень маловероятным или даже невозможным [1].

MD5 — 128-битный алгоритм хеширования, предназначен для создания «отпечатков» или дайджестов сообщения произвольной длины и последующей проверки их подлинности. Широко применяется для проверки целостности информации и хранения паролей в закрытом виде [2].

Для отображения функциональных возможностей сайта используется диаграмма Use Case (рисунок 1). Этот вид диаграмм позволяет создать список операций, которые выполняет система [3].

Для доступа к сайту обычному пользователю необходимо перейти по ссылке <http://www.luninecvodokanal.by>. После перехода по данной ссылке перед пользователем откроется главная страница сайта Лунинецкого КУП ВКХ «Водоканал» (рисунок 2).

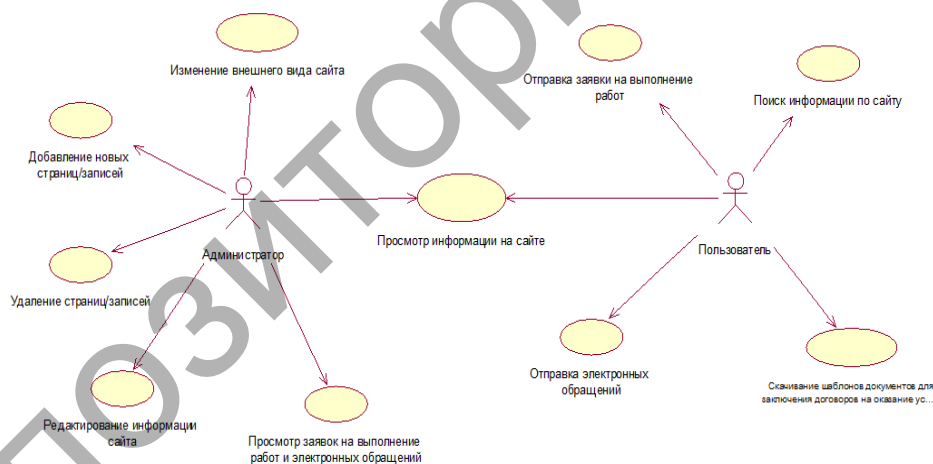


Рисунок 1 — Диаграмма Use Case

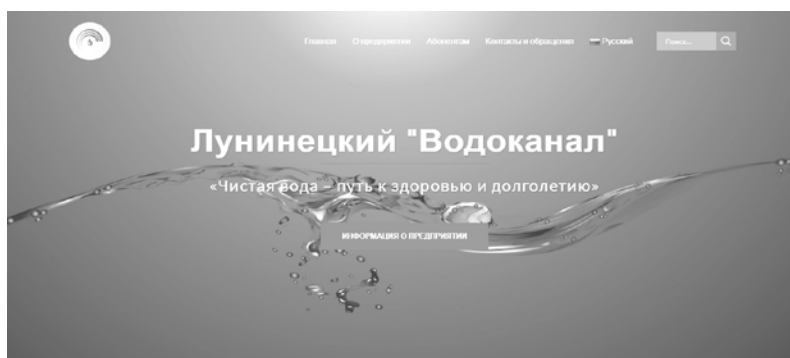


Рисунок 2 — Главная страница сайта

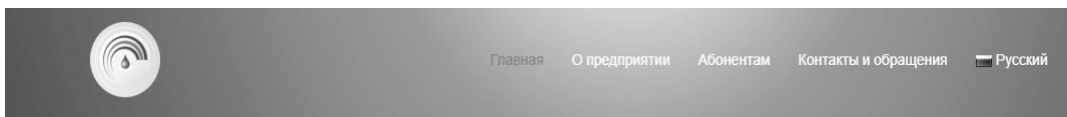


Рисунок 3 — Меню сайта

Для перехода пользователя по страницам сайта используется меню. Скриншот меню сайта представлен на рисунке 3.

Каждый раздел меню имеет свои пункты. Стоит заметить, что в зависимости от смысловой нагрузки некоторые из разделов меню имеют несколько уровней вложенности. Уровень вложенности характеризует положение страницы в общей структуре сайта. Другими словами, позволяет понять, за какое минимальное количество переходов (кликов) пользователь может добраться до интересующей его страницы с главной страницы сайта. Функционал сайта остается неизменным в зависимости от используемого устройства.

Заключение. В ходе исследования был спроектирован, разработан и реализован программный продукт. Анализ экономической эффективности показал целесообразность разработки программного продукта.

Список цитируемых источников

1. Особенности защиты информации в современных условиях [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://csaa.ru/osobennosti-zashhity-informacii-v-sovremennyh>. — Дата доступа: 30.05.2018.
2. Защита информации в персональных компьютерах [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://bezopasnik.org/article/2.htm>. — Дата доступа: 30.05.2018.
3. Моделирование на UML. Общие диаграммы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://book.uml3.ru/sec_1_5. — Дата доступа: 13.04.2018.

УДК 004.75

И. А. Камленок, Д. И. Хутко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИСТОРИЯ САРТСНА

Введение. САРТСНА (капча) — это компьютерный тест, применяемый для определения, кем является пользователь системы: роботом или человеком.

Основная часть. В Интернете можно встретить мысли о том, что капча создана компанией Google для обучения искусственного интеллекта, управляющего беспилотными аппаратами. В основе САРТСНА лежит тест Тьюринга, который помогает отличить человека от машины. В первый раз она появилась в 2000 году, когда впервые раз реализовали необычный для того времени фейс-контроль, который мог найти отличия между человеком и роботом. В то время боты были не так популярны, как сейчас, но разработчики уже тогда понимали всю угрозу и начали борьбу с ними. Роботы могут перегружать различные сервера и подвергать их работу сбоям без какого-либо дополнительного контроля, блокировать доступ к информации для реальных людей, которые пользуются компьютером. Например, до возникновения капчи в начале 2000-х годов боты могли отправлять неограниченное количество сообщений, которые сильно загружали форум или создавали большое количество ложных страниц. В Университете Карнеги—Меллон (США) был написан скрипт, который помогал избежать образования похожих ситуаций. Этот скрипт требует от человека ввести текст или же цифры с изображения (рисунок 1) [1].

Люди с легкостью могут распознать символы, находящиеся под различными углами, имеющие искажения различного типа, разные искривления и помехи, разные шрифты и т. п. Боту не реально было разобраться с символами на изображениях. С помощью весьма простого барьера удалось в несколько раз снизить нагрузку на распространенные ресурсы, появилась возможность оборониться от подозрительных страниц и остальной вредоносной работы ботов.



Рисунок 1 — Пример скрипта для капча

Со временем CAPTCHA стала слишком распространенной. Пользователи искали достойное и полезное применение данной технологии. В 2007 году впервые появилась reCAPTCHA-технология, разработанная в Университете Карнеги—Меллон для защиты от ботов. Но отличием от обычной капчи являлось то, что она одновременно помогала в оцифровке текстов книг (рисунок 2) [2].

После того, как пользователь нажимал на кнопку подтверждения действия, появлялись фрагменты из старых неоцифрованных газет или фото. В основном это были сканы старых изданий The New York Times. Благодаря этому у пользователей пропала потребность расшифровывать несвязанные между собой символы. Теперь пользователи, которые вводили CAPTCHA, принимали участие в оцифровке прессы прошлого века. Вскоре компания Google приобрела данную технологию и использовала для оцифровки книг и газет. Каждый день за счет интернет-пользователей расшифровывались более 100 млн слов.

Развитие ботов тоже не стояло на месте, за это время они стали умнее и смогли идентифицировать шифры reCAPTCHA. Чтобы предотвратить проблему, компания Google создала усовершенствованные алгоритмы определения человека: графические (состоящие из девяти картинок с разным содержанием), аудио- (пользователю нужно ввести воспроизводимый текст), логические (пользователю необходимо решить легкий математический пример) (рисунок 3) [2].

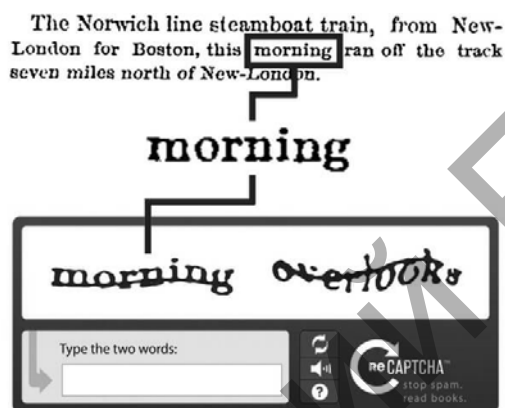


Рисунок 2 — ReCAPTCHA-технология

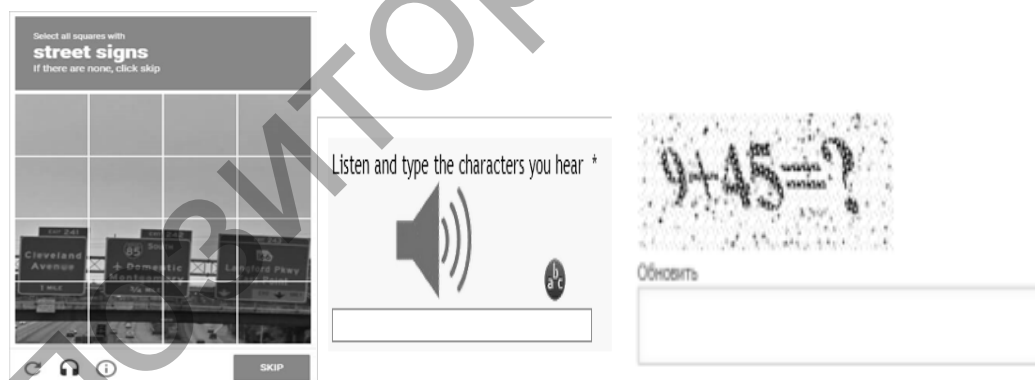


Рисунок 3 — Графический, аудио- и логический алгоритмы определения человека

Этот алгоритм стал более эффективным и упростил прохождение теста.

Заключение. Сейчас же все стало еще проще: в последних версиях reCAPTCHA человеку необходимо поставить галочку в поле «Я не робот», на этом процесс проверки зачастую завершается. Данный алгоритм проверки сводится к анализу передвижения курсора. Бот всегда выбирает кратчайший путь и идет по прямой.

Список цитируемых источников

1. Капча — что это такое, где и когда CAPTCHA применяется в интернете [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://goldbusinessnet.com/vazhnye-terminy-i-ponyatiya/cto-takoe-kapcha-gde-primenyaetsya-captcha> . — Дата доступа: 05.10.2018.
2. Как работает reCAPTCHA [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/post/121010> . — Дата доступа: 05.10.2018.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО СОТРУДНИКА ПОЧТОВОГО ОТДЕЛЕНИЯ НОВОГРУДСКОГО РАЙОННОГО УЗЛА ПОЧТОВОЙ СВЯЗИ ГРОДНЕНСКОГО ФИЛИАЛА РУП «БЕЛПОЧТА»

Введение. Возрастающие темпы информатизации общества способствуют повышению роли вычислительной техники в управленческих процессах. Возможности современной вычислительной техники для автоматизации процесса обработки информации позволяют увеличить производительность труда, повысить эффективность работы с документами и ускорить обмен управленческой информацией [1, с. 75].

На современном этапе автоматизации управления общественным производством наиболее перспективным является автоматизация планово-управленческих функций на базе персональных компьютеров, установленных непосредственно на рабочих местах специалистов. Автоматизация позволяет организовать разделение труда управленческого персонала и автоматизировать выполнение им своих функций. Эти системы получили широкое распространение в организационном управлении под названием автоматизированных рабочих мест (АРМ).

Наиболее простой функцией АРМ является информационно-справочное обслуживание, присущее любому АРМ. В зависимости от назначения АРМ могут включать экранные формы документов, расчетные алгоритмы, обеспечивающие обработку информации и отображение результатов, текстовые системы и т. д.

Данная научно-исследовательская работа посвящена разработке приложения «Автоматизированное рабочее место сотрудника почтового отделения Новогрудского районного узла почтовой связи Гродненского филиала РУП «Белпочта»». Разработанный программный продукт позволяет сотруднику обеспечить быструю обработку данных и автоматизацию управленческих функций за счет удобного интерфейса. Также данное приложение позволяет гораздо быстрее создавать отчеты, так как ранее они набирались вручную.

Таким образом, автоматизация рабочего места сотрудника почтового отделения является нужным и перспективным направлением.

Основная часть. Разработанное программное обеспечение соответствует следующим требованиям: авторизация в программе и разграничение прав доступа для пользователей; просмотр и поиск информации; добавление, удаление, редактирование информации; формирование отчетов; быстрый вывод на печать; ведение статистики работы за определенный день или период.

В рамках разработки проекта были выделены сущности предметной области, создана база данных с использованием средств СУБД MS SQL Server 2014, разработано приложение, позволяющее работать с базой данных, в среде MS Visual Studio 2017. В приложении разработаны запросы на выборку данных, добавление, изменение и удаление данных. Также в разработанном проекте предусмотрена возможность формирования отчетов с импортом данных в MS Office Word, Excel.

Для обеспечения защиты данных разработанного приложения организовано распознавание законного пользователя. Этот процесс часто называют авторизацией пользователя. Для входа в приложение используется проверка логина и пароля пользователя с зашифрованными данными, хранящимися в базе данных. В разрабатываемом приложении логин и пароль шифруются с помощью алгоритма шифрования RC4.

Все пользователи программы разделены на две группы: администратор, который может добавлять, удалять и редактировать информацию; добавлять и удалять пользователей, просмотреть права пользователей; осуществлять поиск информации; формировать отчеты; сотрудник, который может добавлять, удалять и редактировать информацию; осуществлять поиск информации.

После успешного прохождения авторизации от имени администратора появляется окно приложения с соответствующими правами, которое представлено на рисунке 1. На главной форме представлены закладки: «Клиент Сотрудник», «Отправка писем», «Получение посылок», «Платежи», «Получатели платежей», «Статистика за день», «Управление пользователями». При переходе от одной закладки к другой открываются таблицы с соответствующей информацией, с которой возможны следующие действия: «Добавить», «Редактировать», «Печать», «Удалить», «Экспорт в Word», «Экспорт в Excel». Также в приложении предусмотрена справка, где поясняются возможности и правила работы с проектом.

Приложение поддерживает поиск данных. Для этого в нижней части окна в разделе «Поиск» необходимо выбрать столбец в выпадающем меню, по которому будет осуществляться поиск, и ввести искомый текст в текстовое поле. Также можно искать записи за определенный период с вычислением общей стоимости (рисунок 2).

Приложение позволяет осуществлять печать и экспорт данных в Word и Excel с использованием одноименных кнопок. В приложении предусмотрена статистика проведенных операций сотрудником за день (рисунок 3), что облегчает финансовый учет и контроль почтового отделения.

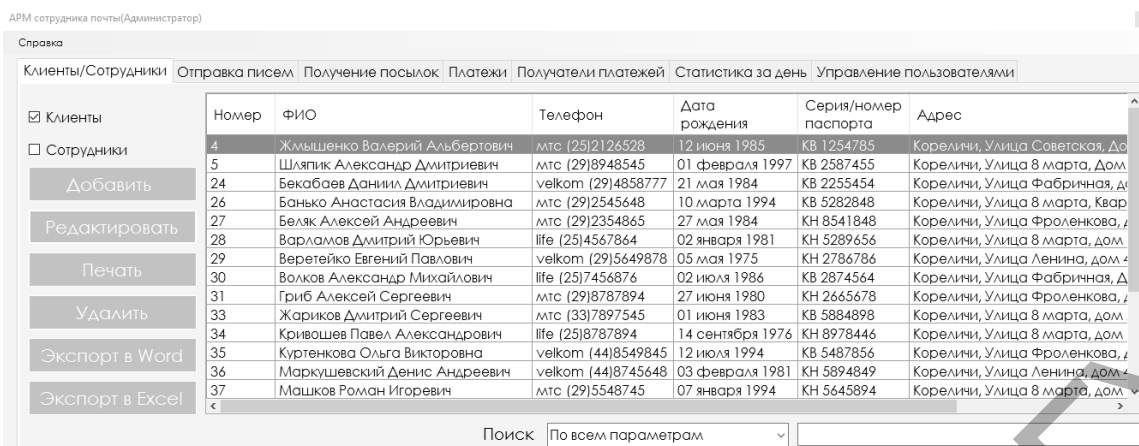


Рисунок 1 — Главная форма приложения



Рисунок 2 — Поиск записей за указанный период

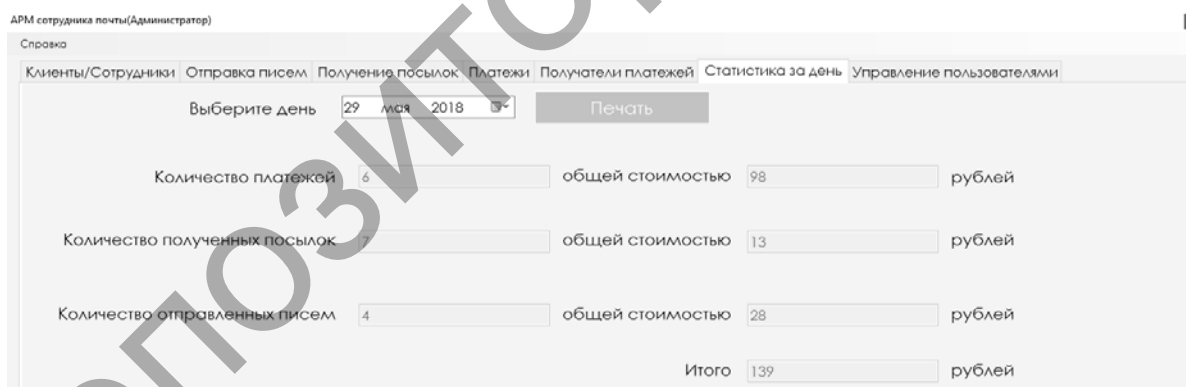


Рисунок 3 — Вкладка «Статистика за день»

После успешного прохождения авторизации от имени сотрудника появляется форма, где пользователь может просматривать, добавлять, удалять и редактировать информацию. Также для него доступны поиски по различным критериям.

Заключение. Анализируя результаты экономического расчета, можно сделать вывод, что разработанный программный продукт позволяет получить экономию трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Экономия финансовых ресурсов выражается в снижении годовых затрат с 3 161 до 580,4 р. Срок окупаемости программного продукта составит примерно 0,66 года. Данный проект позволяет максимально оптимизировать работу сотрудника почтового отделения.

Список цитируемых источников

1. Плехотникова, М. А. Информационные технологии в менеджменте : учеб. и практ. для прикладного бакалавриата / М. А. Плехотникова, Ю. В. Вертакова. — 2-е изд., пер. и доп. — М. : Юрайт, 2015. — 326 с.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ “SQUARES” В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ UNITY

Введение. С самого рождения человека игры составляют важную часть его жизни. Самые простейшие игры — это головоломки. Сегодня, учитывая постоянный технологический прогресс, игры перешли из физического плана существования в виртуальный мир. Компьютерная техника дает невероятные возможности для развития игровых технологий. Способность создавать компьютерные программы является важной частью грамотности в современном обществе. Когда люди учатся программировать на Unity, они узнают важные стратегии для решения проблем, разработки проектов и сообщения идей.

В наше время существует много игр и приложений развлекательного характера, однако создание нового материала всегда приветствуется, поэтому эта тема актуальна.

Основная часть. Целью данного исследования является изучение программного обеспечения Unity, а также разработка игры “SQUARES”.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи: осуществить постановку задачи исходя из анализа предметной области; выполнить анализ инструментов и средств решения поставленной цели, обосновать выбор среды разработки приложения; разработать программный продукт.

Разработка приложения является сложным и трудоемким процессом. Для достижения нашей цели были изучены игровой движок Unity, среда для разработки растровой графики Adobe Photoshop. В качестве языка программирования используется C#, так как это довольно популярный язык программирования, к тому же среда разработки Unity позволяет использовать данный язык программирования для написания скриптов приложения [1].

Среда разработки Unity является готовым игровым движком, который позволяет использовать множество встроенных функций, начиная от создания игровых объектов и придания им физики, заканчивая переключением между сценами.

Удобство Unity состоит в том, что готовый продукт можно проверить прямо в среде, без компиляции под Android-устройство.

Среда разработки Unity разделяется на окна: окно иерархии, окно игры, окно инспектора и окно проекта. Окно иерархии используется для построения структуры сцен, т. е. все объекты, которые можно увидеть на игровой сцене в определенной последовательности относительно экрана. Окно игры показывает, как будет выглядеть продукт, когда мы его запустим. Окно инспектора создано для корректировки параметров игровых объектов. Окно проекта содержит в себе материалы, которые требуются для создания проекта.

Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

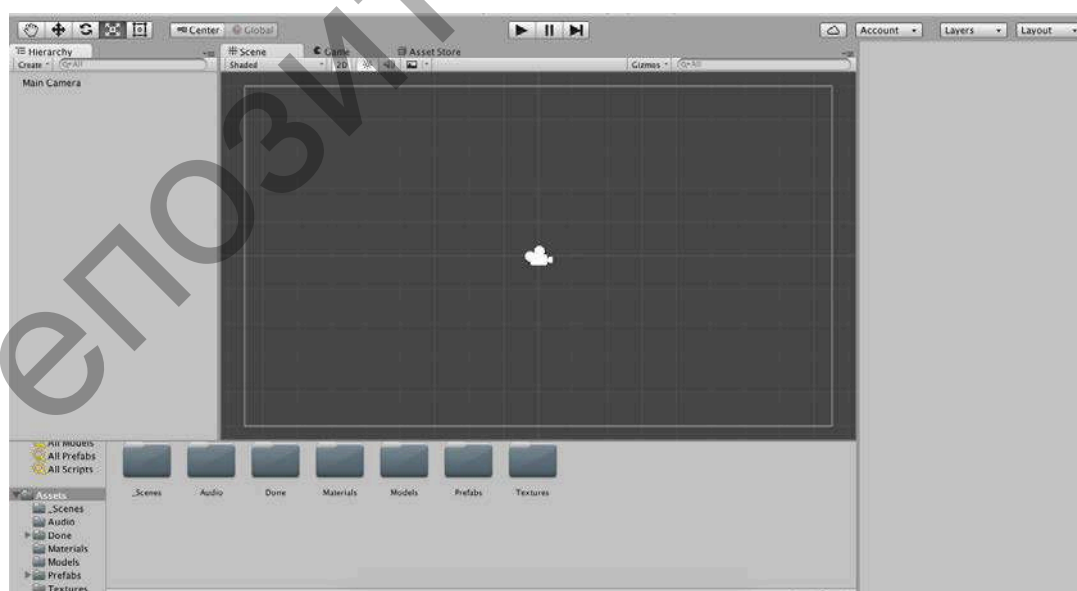


Рисунок 1 — Интерфейс среды разработки Unity

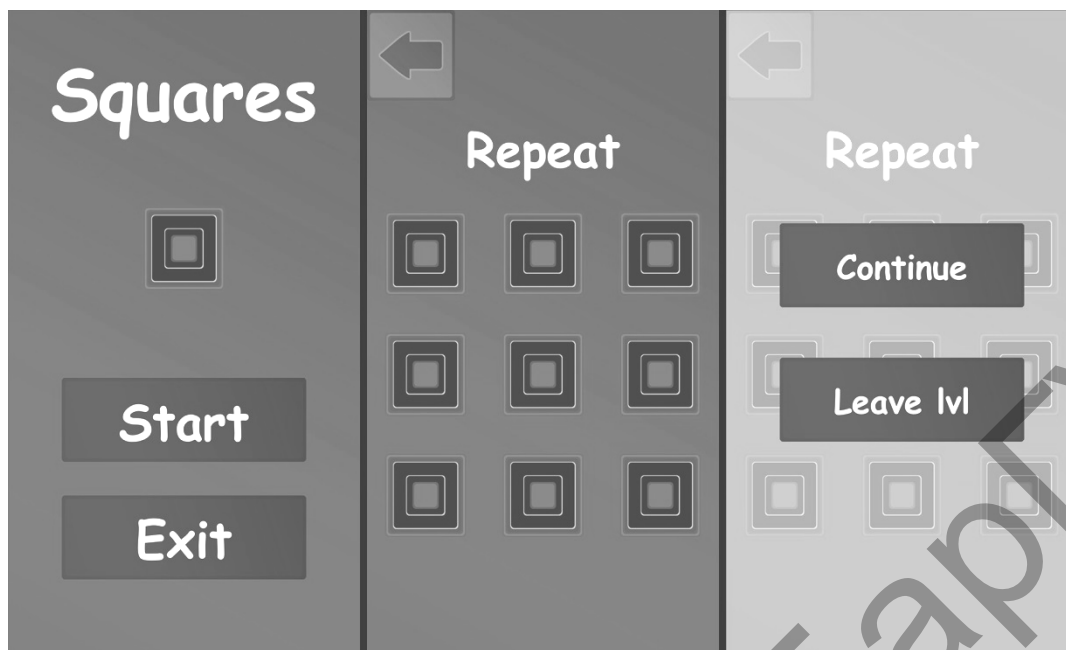


Рисунок 2 — Интерфейс приложения “SQUARES”

Для изучения движка Unity была разработана игра “SQUARES”, которая служит примером создания игровых объектов без физики, но с проработанной анимацией и логическими операциями над ними. Unity позволяет использовать импортируемую графику, благодаря этому приложения выглядят намного красивее, чем в движках-аналогах. Разработка программы начинается с создания сцены главного меню, дальше создаётся сцена выбора уровней, впоследствии — сцена самого уровня. Первое, что нуждается в настройке, — это Canvas, который служит как границы экрана, т. е. то, что мы видим, вся остальная сцена скрыта от нашего глаза. Далее идет создание заднего фона с помощью объекта Image. Последующее действие самое важное — создание игровых объектов (GameObject), которые используются для анимации. Анимация активируется с помощью кнопок, которые позволяют активировать функции, прописанные в скриптах. Чтобы программа выполняла определенные действия, требуется написать скрипты, которые позже прикрепляются к игровым объектам. Готовое приложение представлено на рисунке 2.

Заключение. Разработанное приложение полностью выполняет поставленные цели. Возможности Unity позволяют создавать разноплановые проекты, необходимые пользователю. Приложение имеет красивый и удобный интерфейс, плавный и интересный геймплей. В ходе разработки отлажены все ошибки и недоработки программы.

Список цитируемых источников

1. Хокинг, Дж. Unity в действии / Дж. Хокинг ; пер. с англ. И. Рузмайкиной. — СПб. : Питер, 2018. — 336 с.

УДК 004.94

О. И. Наранович¹, кандидат физико-математических наук, доцент,
Т. Р. Якубович¹, кандидат физико-математических наук, доцент, **Н. И. Шляго**¹, **И. В. Оношева**²
¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи
²PhD, профессор PAM, PAE
 Stamford International University, Бангкок, Таиланд

АНАЛИЗ МОДЕЛИ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ

Введение. Активное использование информационных технологий при решении производственных задач позволяет исследователям успешно создавать математические и компьютерные модели производственных процессов. Для решения подобных задач широко используют специализированные и интегрированные компьютерные пакеты (MathCad, MatLab, MS Excel и др.). Получаемые численные результаты решения задач, как правило, требуют проверки точности решения и адекватности модели, её устойчивости к изменению входных параметров.

Для обоснования достоверности получаемых результатов моделирования большое значение имеет проверка устойчивости модели. В теории моделирования под устойчивостью модели понимают ее способность сохранять адекватность при исследовании эффективности системы на всем возможном диапазоне рабочей нагрузки, а также при внесении изменений в конфигурацию системы [1].

Проверяя устойчивость модели, разработчик использует различные способы, методы, тесты, здравый смысл и собственный опыт. Часто используют сравнение результатов моделирования и результатов измерений в системе после внесения некоторых изменений. Если результаты моделирования приемлемы, уверенность в устойчивости модели возрастает.

Очевидно, что устойчивость является положительным свойством модели. Однако если изменение входных воздействий или параметров модели (в некотором заданном диапазоне) не отражается на значениях выходных параметров, то переходят к решению задачи оценивания чувствительности модели к изменению параметров рабочей нагрузки и внутренних параметров самой системы [1].

Такую оценку проводят по каждому параметру модели в отдельности. Основана она на том, что обычно диапазон возможных изменений параметра известен. Данные, полученные при оценке чувствительности модели, могут быть использованы, в частности, при планировании экспериментов: большее внимание должно уделяться тем параметрам, по которым модель является более чувствительной [2].

В задачах оптимизации в качестве исходных данных (параметров модели) задаются коэффициенты целевой функции и ограничений, от которых зависит оптимальное решение. На практике значения этих коэффициентов редко получают с необходимой точностью. Любое изменение в исходных данных меняет условия задачи, что в свою очередь может изменить найденное оптимальное решение. Анализ чувствительности позволяет оценить влияние изменений этих параметров на оптимальное решение. Если обнаруживается, что оптимальное решение можно серьезно улучшить за счет небольших изменений заданных параметров, то целесообразно провести эти изменения.

Целью работы является проведение анализа модели на чувствительность производственной задачи распределения ресурсов.

Основная часть. Рассмотрим задачу о перевозке пассажиров. Авиакомпания должна перевезти 700 человек, используя два типа самолетов. Самолет первого типа перевозит 30 пассажиров и имеет экипаж 3 человека, второго типа — 65 пассажиров и экипаж 5 человек. Эксплуатация одного самолета первого типа обойдется 5 000 дол. США, а второго — 9 000 дол. США. Сколько необходимо задействовать самолетов каждого типа, если для формирования экипажей имеется не более 60 человек?

Запасы и расход сырья для перевозки пассажиров, а также расходы на перевозку пассажиров представим в виде формализованной математической модели.

Обозначим x_i — количество самолетов i -го типа. Затраты, понесенные авиакомпанией на перевозку пассажиров, рассчитаем с помощью целевой функции

$$F(x_1, x_2) = 5\,000x_1 + 9\,000x_2 \rightarrow \min$$

при следующих условиях-ограничениях:

$$\begin{cases} 30x_1 + 65x_2 \geq 700, \\ 3x_1 + 5x_2 \leq 60, \\ x_1 \geq 0, \\ x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Так как математическая модель представлена линейной целевой функцией и линейными неравенствами, ограничениями в качестве метода решения выберем симплекс-метод [3], который позволяет получить решение линейной оптимизационной задачи за небольшое количество итераций и не требователен к аппаратным ресурсам ПЭВМ.

На рисунке 1 представлено решение задачи в графическом и числовом виде средствами встроенных функций пакета MathCad 14.0 и надстройки «Поиск решения» электронного процессора MS Excel 2010. Найденное решение задачи позволяет сделать вывод, что самолёты первого типа задействованы не будут, самолетов второго типа нам необходимо задействовать 11 единиц. Для получения наиболее дешёвой перевозки заданного количества людей потребуется 99 000 дол. США.

Неизбежное колебание значений таких параметров, как цены на продукцию и сырье, запасы сырья, спрос на рынке и т. д., может привести к неоптимальности или непригодности полученного ранее решения. Для учета подобных ситуаций проводится анализ чувствительности, т. е. анализ того, как возможные изменения параметров исходной модели повлияют на полученное ранее оптимальное решение задачи [4].

ORIGIN:= 1

$$f(x) := 5000 \cdot x_1 + 9000 \cdot x_2 \quad \min$$

$$M := \begin{pmatrix} 30 & 65 \\ -3 & -5 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$v := \begin{pmatrix} 700 \\ -60 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

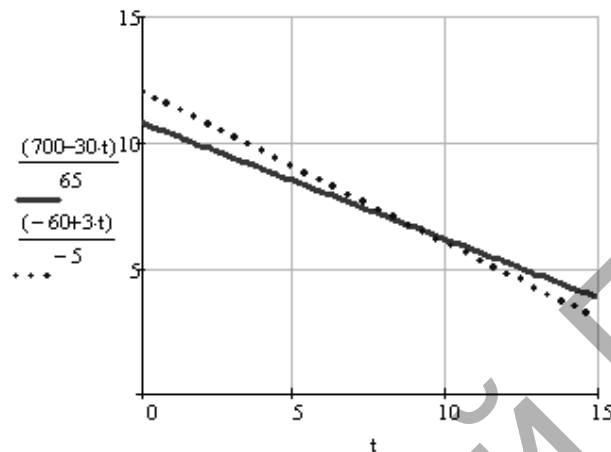
$$x_1 := 0 \quad x_2 := 0$$

Given

$$M \cdot x \geq v \quad x \geq 0$$

$$\text{Minimize}(f, x) = \begin{pmatrix} 0 \\ 10.769 \end{pmatrix}$$

$$x_1 := 0 \quad x_2 := 11 \quad f(x) = 9.9 \times 10^4$$



Исходные данные и результаты			
Самолет 1	x1	0	
Самолет 2	x2	11	
Затраты	F(x1,x2)	99000	
Ограничения			
Пассажиры	715	>=	700
Пилоты	55	<=	60
Самолет 1	0	>=	0
Самолет 2	11	>=	0

Рисунок 1 — Решение оптимизационной задачи средствами MathCad и MS Excel

Для решения задач анализа чувствительности ограничения линейной модели классифицируются следующим образом. Связывающие ограничения проходят через оптимальную точку. Несвязывающие ограничения не проходят через оптимальную точку. Аналогично ресурс, представляемый связывающим ограничением, называют дефицитным, а ресурс, представляемый несвязывающим ограничением, — недефицитным. Ограничение называют избыточным в том случае, если его исключение не влияет на область допустимых решений и, следовательно, на оптимальное решение. Выделяют следующие три задачи анализа на чувствительность: *анализ изменения коэффициентов целевой функции; анализ сокращения или увеличения ресурсов*, т. е. на сколько можно увеличить (ограничения типа \leq) или уменьшить (ограничения типа \geq) запас дефицитного ресурса для улучшения оптимального значения целевой функции или на сколько можно уменьшить (ограничения типа \leq) или увеличить (ограничения типа \geq) запас недефицитного ресурса при сохранении оптимального значения целевой функции; *увеличение (уменьшение) запаса какого из ресурсов наиболее выгодно* [5].

Целевая функция достигает своего оптимума в точке (рисунок 1), образованной пересечением следующих прямых: $(30x_1 + 65x_2 = 715)$ и $(3x_1 + 5x_2 = 55)$.

Проведем анализ изменения коэффициентов целевой функции. Для этого определим интервалы изменения коэффициентов c_1 и c_2 при неизвестных в целевой функции при условии, что текущее оптимальное решение сохраняется. Необходимо определить интервал оптимальности для отношения c_1 / c_2 (или c_2 / c_1). Если значение отношения c_1 / c_2 не выходит за пределы этого интервала, то оптимальное решение в данной модели сохраняется неизменным [6].

Алгебраически это можно записать следующим образом:

$$\frac{5}{3} \leq \frac{c_2}{c_1} \leq \frac{65}{30}, \text{ при } c_1 \neq 0 \text{ или } \frac{30}{65} \leq \frac{c_1}{c_2} \leq \frac{3}{5}, \text{ при } c_2 \neq 0.$$

Получаем две системы неравенств, определяющих интервал оптимальности:

$$\begin{aligned} \text{при } c_2 = 9\,000 \quad & \frac{30}{65} \leq \frac{c_1}{9\,000} \leq \frac{3}{5} \quad \text{или} \quad 4\,154 \leq c_1 \leq 5\,400, \\ \text{при } c_1 = 5\,000 \quad & \frac{5}{3} \leq \frac{c_2}{5\,000} \leq \frac{65}{30} \quad \text{или} \quad 8\,333 \leq c_2 \leq 10\,833. \end{aligned}$$

Можно сделать вывод, что коэффициенты при x_i в целевой функции могут варьироваться от 4 154 до 5 400 при x_1 и от 8 333 до 10 833 при x_2 .

Также с помощью сервиса MS Excel «Поиск решения» можно произвести анализ чувствительности, но не для целочисленных переменных. Исходя из отчета об устойчивости (рисунок 2), можно сделать следующие выводы. В столбце «Окончательное значение» находится оптимальный план задачи. В данном случае, чтобы получить минимальные затраты в размере 99 000 дол. США, авиакомпания может задействовать 11 самолетов второго типа.

В столбцах «Допустимое увеличение» и «Допустимое уменьшение» при ячейках переменных находятся значения, показывающие, насколько можно увеличить/уменьшить коэффициенты целевой функции, при которых оптимальный план не изменится. В столбце «Теневая цена» определенное значение указывает на «ценность» ресурса в сравнении с другими ресурсами, а также данный показатель указывает, как изменится оптимальное значение целевой функции при изменении запасов ресурсов на одну единицу. В данном примере ресурс «Пассажиры» можно увеличить до 715 при сохранении минимальных затрат перевозки 99 000 дол. США.

Столбец «Приведенная стоимость» показывает, в какой мере изменится значение целевой функции в случае принудительного добавления одного самолета определенного типа в оптимальное решение.

Анализируя отчет об устойчивости рассматриваемой задачи, стоит заметить, что существуют ограничения, не позволяющие использовать большее количество пилотов и сохранять минимальные затраты. Поскольку знак ограничения ресурса «Пилоты» \leq , то количество пилотов стоит увеличить на одного, что позволит сохранить минимальные затраты на перевозку 715 пассажиров.

Ячейки переменных		Окончательное	Приведенн.	Целевая функция	Допустимое	Допустимое
Ячейка	Имя	Значение	Стоимость	Коэффициент	Увеличение	Уменьшение
\$C\$5	x1	0	0	5000	1E+30	846,1538462
\$C\$6	x2	10,76923077	0	9000	1833,333333	9000

Ограничения		Окончательное	Тень	Ограничение	Допустимое	Допустимое
Ячейка	Имя	Значение	Цена	Правая сторона	Увеличение	Уменьшение
\$B\$10	Пассажиры	700	138,4615385	700	80	700
\$B\$11	Пилоты	53,84615385	0	60	1E+30	6,153846154
\$B\$12	Самолет1	0	846,153862	0	8,88888889	0
\$B\$13	Самолет2	10,76923077	0	0	10,76923077	1E+30

Рисунок 2 — Отчет об устойчивости

Заключение. Рассмотрено решение оптимизационной задачи линейного программирования. Проведенный анализ модели на чувствительность на примере задачи о перевозке пассажиров будет полезен студентам при выполнении курсового проектирования по дисциплине «Оптимизация проектных решений».

Список цитируемых источников

1. Гуляев, А. В. Визуальное моделирование в среде MATLAB : учеб. курс / А. В. Гуляев. — СПб. : Питер, 2000. — 432 с.
2. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука / Р. Шеннон ; пер. с англ. ; под ред. Е. К. Масловского. — М. : Мир, 1978. — 418 с.
3. Косоруков, О. А. Исследование операций / О. А. Косоруков, А. В. Мищенко. — М. : Экзамен, 2003. — 448 с.
4. Моделирование и анализ чувствительности рациональной загрузки ресурсов и эффективность технологических линий [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.rusnauka.com/36_PVMN_2013/Matemathics/0_149070.doc.htm. — Дата доступа: 12.10.2018.
5. Шабалин, А. Н. Инвестиционное проектирование : учеб.-метод. комплекс / А. Н. Шабалин. — М. : ЕАОИ, 2008. — 184 с.
6. Изменение коэффициентов целевой функции [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://math.semestr.ru/lp/lpdvd.php>. — Дата доступа: 14.10.2018.

КАЧЕСТВО СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА: ХАРАКТЕРИСТИКА УДОБСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение. Внедрение в организациях Беларуси систем электронного документооборота (далее — СЭД) на сегодня не является чем-то новым и не вызывает вопросов о функциональных возможностях указанных систем. Системы электронного документооборота становятся основным элементом информационной среды организации, внутри которой создаются и используются электронные документы. Многие организации уже накопили значительный опыт применения СЭД.

Рынок СЭД представлен как зарубежными, так и отечественными системами, функциональные характеристики которых являются однотипными. Первоначально именно функционал являлся тем основным критерием, на основе которого происходил выбор системы в организациях. Современные СЭД охватывают все более широкий круг задач, работают как с организационно-распорядительными документами, так и с иными видами документов (договорами, справочной и проектной документацией, документами по кадровой деятельности и др.).

Современные экономические условия, в которых приходится работать организациям, тенденции развития информационных технологий, а также теория и практика управления документами оказывают влияние и на развитие функционала систем. Расширяют функциональные возможности СЭД мобильные, облачные, аналитические и социальные технологии. Постоянное появление на ИТ-рынке новых программных продуктов увеличивает область их применения, создает конкуренцию на соответствующем сегменте ИТ-рынка. В связи с этим повышаются и требования со стороны заказчиков и пользователей СЭД к их качеству и безопасности применения.

Таким образом, становится актуальным выявление требований, которые предъявляют пользователи (управленцы, сотрудники службы документационного обеспечения управления, управления кадров и т. д.) к современным СЭД. На какие характеристики СЭД, кроме функциональных возможностей, они обращают внимание в первую очередь?

Основная часть. Для достижения поставленной цели необходимо определить, что составляет понятие «качество СЭД».

Исходя из назначения объекта оценивания качества, условий его использования (потребления), а также цели оценивания качества, необходимо дать описание объекта оценивания качества с точки зрения его назначения, условий использования и выполняемых функций, произвести анализ требований со стороны различных групп потребителей и общества в целом в отношении объекта оценивания [1].

Анализ требований к СЭД позволяет провести моделирование качества объекта в виде иерархической структуры свойств на основе модели качества, выделяемой в СТБ ISO/IEC25000-2009 «Разработка программного обеспечения. Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). Руководство по SQuaRE» [2], с учетом требований, которые предъявляются к СЭД со стороны пользователей при выборе системы (оценивании качества).

Кроме свойств, отражающих функциональные возможности СЭД и совместимость с программным и аппаратным обеспечением, включены свойства, позволяющие оценить качество эксплуатации и развития системы. Важно оценить простоту установки и удобство настройки системы, возможность ее дальнейшей модернизации и сопровождения, соответствие существующему законодательству, сроки внедрения системы, возможность обучения сотрудников, наличие специальных программ сотрудничества, онлайн-консультаций, демо-версии, качество сопроводительной документации, в том числе руководства пользователя и учебных материалов, наличие мультимедийных учебных курсов. Например, наличие демонстрационной версии программы позволяет определить сложность выполнения пользователями типовых операций с документами: что нужно сделать, чтобы зарегистрировать входящий документ, какие пункты меню выбрать и сколько, какое количество щелчков мышью сделать в окнах диалога для установки необходимых параметров и т. п. Качество эксплуатации системы определяется и тем, как будет осуществляться техническая поддержка внедряемой СЭД: по телефону, электронной почте, через портал фирмы-разработчика и т. п.

Было проведено пилотное исследование, в котором приняли участие две группы пользователей: 1) опытные пользователи (имеющие опыт работы с СЭД более пяти лет и представление о данном классе программных продуктов); 2) начинающие (студенты, обучающиеся по направлениям специальности «Документоведение (документационное обеспечение управления)» и «Документоведение (информационное обеспечение управления)» и получившие опыт работы с системами в рамках учебной дисциплины «Автоматизация делопроизводства»). Выборка составила 300 человек. Им было предложено ответить на ряд вопросов, связанных с удобством использования СЭД (такими характеристиками систем, как качество эксплуатации, пользовательский интерфейс, сопроводительная документация и т. п.).

Большинство анкетированных считает эти характеристики важными, определяющими качество и влияющими на выбор современных систем электронного документооборота в организации (более 90 %); 65 % ответили положительно на вопрос «Считаете ли вы, что “навигация” в системах не всегда понятна?» (передвижение по вкладкам при создании маршрутов документов, получение статистических сведений по объему документооборота, наименование отдельных пунктов меню и т. п., т. е. каким способом может быть получен необходимый результат, все ли особенности системы отражены наглядно). Во второй группе указанный показатель составил около 90 %, что говорит о затруднениях в изучении использования системы.

Кроме того, отвечая на вопрос о качестве предоставленного им руководства пользователя, они указывали, что не всегда описание действий в руководстве совпадает с реальным выполнением их в системе (около 50 %); стиль написания затрудняет восприятие и понимание (более 80 %). Если же возникают проблемы при работе с системой, многие пользователи предпочитают обращаться за помощью к коллегам, консультантам.

Заключение. Проведенное анкетирование позволяет утверждать, что современные пользователи СЭД выделяют среди всех требований те, которые составляют простоту и удобство использования системы. Исходя из того, что качество СЭД — это все характеристики, которые относятся к ее способности удовлетворять установленным или предполагаемым потребностям, — необходимо в иерархическую структуру свойств СЭД включить, например, такие показатели, как понятность (наличие демо-версии, наглядность и полнота документации), изучаемость (наличие онлайн-консультаций и мультимедийных учебных курсов, длительность подготовки пользователя к полноценной эксплуатации, объем эксплуатационной документации), простота использования (простота управления функциями, комфортность эксплуатации); и рассматривать удовлетворенность как обобщенный интегральный показатель для оценки качества систем электронного документооборота.

Список цитируемых источников

1. Попова, Е. Э. Моделирование качества автоматизированных систем управления документами / Е. Э. Попова // Техника и технологии: инновации и качество : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 24—25 окт. 2013 г., г. Барановичи. — Барановичи : РИО БарГУ, 2013. — С. 184—188.
2. Разработка программного обеспечения. Требования к качеству и оценка программного продукта (SQuaRE). Руководство по SQuaRE : СТБ ISO/IEC 25000-2009. — Минск : Госстандарт, 2009. — 44 с.

УДК 004.93'12

Д. И. Сандруцкий, А. И. Калько

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МОДУЛЬ ДЛЯ АВТОРИЗАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ЛИЦЕВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Введение. Кражи идентификационных данных вызывают все большую обеспокоенность в обществе. Жертвами хищения идентифицирующих сведений ежегодно становятся миллионы, а «кража личности» стала самой распространенной жалобой потребителей. В цифровую эпоху традиционных методов аутентификации — паролей и удостоверений личности — уже недостаточно для борьбы с хищением идентифицирующих сведений и обеспечения безопасности.

Несмотря на то, что в настоящее время существует достаточно много различных биометрических систем, решение данной задачи остается актуальной.

Основная часть. Биометрические системы распознают людей на основе их анатомических особенностей (отпечатков пальцев, образа лица, рисунка линий ладони, радужной оболочки, голоса) или поведенческих черт (подписи, походки). Поскольку эти черты физически связаны с пользователем, биометрическое распознавание надежно в роли механизма, следящего, чтобы только те, у кого есть необходимые полномочия, могли попасть в здание, получить доступ к компьютерной системе или пересечь границу государства. Биометрические системы также обладают уникальными преимуществами — они не позволяют отречься от совершенной транзакции и дают возможность определить, когда индивидуум пользуется несколькими удостоверениями (например, паспортами) на разные имена. Таким образом, при грамотной реализации в соответствующих приложениях биометрические системы обеспечивают высокий уровень защищенности [1].

Целью данного исследования является разработка модуля биометрической верификации личности на основе бинокулярной стереорекострукции плоскости лица с использованием интерполяции.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи: осуществить постановку задачи исходя из анализа предметной области; выполнить анализ инструментов и средств решения поставленной цели, обосновать выбор среды разработки приложения; создать логическую и физическую модели базы данных; разработать программный продукт и руководство пользователя; произвести тестирование программы; обосновать экономический эффект созданного продукта; охарактеризовать мероприятия по охране труда.

Системы верификации личности для обеспечения безопасности могут применяться в трех направлениях [2].

1. Обеспечение безопасности и помощь, а иногда полная автоматизация на контрольно-пропускных пунктах. В данной ситуации система раскрывается как самостоятельный контролирующий функционал, разрешая проход или блокируя его для персонала, основываясь на результате сравнения биометрических показателей человека с эталоном, хранящимся в базе данных. При этом система может быть ограничена и урезана до функционала помощника, когда результат сравнения выводится на экран члену службы охраны, на основании которого тот принимает решение о допуске на объект. Безопасность контрольно-пропускного пункта может быть повышена комбинированием системы верификации личности на основе биометрических данных с одной либо несколькими небιοметрическими системами верификации (электронные пропуск, пароль, ключ и т. д.).

2. Осуществление отслеживания перемещения сотрудников или посетителей по объекту в режиме реального времени. Для использования данной системы необходимо оборудование помещений камерами видеонаблюдения. Однако стоит отметить, что в зданиях, где требуется слежение за перемещением посетителей, в большинстве случаев уже установлена система видеонаблюдения, поэтому внедрение модуля отслеживания перемещения не потребует кардинальной модификации. Данное направление систем верификации можно также использовать в случаях, когда необходимо проследить за посещаемостью, например, какого-либо мероприятия. Тогда администратору системы необходимо будет установить одну камеру на входе и запустить модуль отслеживания, в свою очередь, посетители могут не быть обременены контролем или проверкой, а данные о том, кто присутствует, предоставляются системой по требованию администратора в режиме реального времени.

3. Защита веб-сайтов или интернет-ресурсов. Реализуется как оболочка или подключаемый модуль к уже существующему веб-сайту и выполняет роль системы авторизации. При этом стоит отметить, что модуль может блокировать доступ как ко всему веб-ресурсу, так и к определенной приватной части. В отличие от первых двух направлений использования, данное направление зависит от конфигурации оборудования конечного пользователя — от камеры, установленной в системе (она может быть недостаточного разрешения, некорректно настраивать световой баланс, ухудшая изображение и затрудняя распознавание, или вовсе отсутствовать). Исходя из этого, системы биометрической верификации в данном случае дублируются иной системой аутентификации.

Для нормального функционирования системы верификации личности на основе лицевых ориентиров необходимы следующие данные: полные данные о пользователе (имя, фамилия, логин, имейл и т. п.); данные о правах доступа пользователей; слепки плоскостей лиц пользователей (SURF-дескриптор, состоящий из 128 действительных чисел); статус посещения или открытия доступа.

Одна из особенностей систем отслеживания пользователей при перемещении по зданию или верификации при проверке посещаемости — это возможность занесения в лог-файл и базу данных дескрипторов лиц, не соответствующих ни одному из пользователей. При записи в базе данных они помечаются как неизвестные. При этом стоит отметить, что если в базе было похожее лицо, но не определён владелец, то программа объединяет все похожие лица, и если будет добавлен владелец с эталонным лицом, соответствующим ранее хранящимся в базе, то они присвоятся ему. А это дает возможность сразу же определить, какие мероприятия посещал пользователь до этого, и предоставить подходящую рекламу.

Для работы режима бинокулярной стереорекострукции кроме эталонного фото необходима эталонная стереопара, загружаемая точно так же. Пример эталонной стереопары и выделенных лицевых ориентиров представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 — Эталонная стереопара

Заключение. Разработанная система может быть использована на различного рода предприятиях для обнаружения лиц сотрудников либо посторонних личностей. После распознавания все лица, содержащиеся в базе данных, выделяются белым цветом и помечаются именем пользователя. Другие лица на фото выделяются серым цветом. Стоит отметить, что распознавание идет только на переднем плане, где достаточная детализация черт.

Список цитируемых источников

1. Змызгова, Т. Р. Алгоритмы бинарного квантования цифровых изображений реакции датчиков деформаций интегрального типа / Т. Р. Змызгова, В. Н. Сызранцев ; Вып. 1. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2004. — 220 с.
2. Корсунов, Н. И. Метод обучения персептрона при зашумлениях [Электронный ресурс]. — 2018 — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/metod-obucheniya-perseptrona-raspoznavaniyu-tekstovuyh-simvolov-pri-zashumleniyah>. — Дата доступа: 03.10.2018.

УДК 677.025.1:687

А. В. Чарковский, Д. А. Алексеев, В. А. Гончаров

учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», Витебск

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖА

Введение. Целью работы является разработка 3D-модели структуры кулирного двойного трикотажа производного переплетения. Трикотажное производство отличается разнообразием трикотажных переплетений, которые характеризуются видом взаимосвязи элементов структуры трикотажа и являются важнейшей качественной характеристикой, определяющей его свойства, например растяжимость, формоустойчивость, распускаемость, толщину, поверхностную плотность. Используя различные переплетения, можно проектировать и получать трикотаж с заданными свойствами и узорными эффектами.

Общепринятая классификация трикотажных переплетений [1] включает классы главных, производных, рисунчатых и комбинированных переплетений. К классу производных переплетений относят переплетения, образованные из сочетания нескольких одинаковых простейших переплетений.

Производные переплетения имеют сложную пространственную структуру. Наиболее полное представление о структуре (строении) трикотажа производных переплетений и о его свойствах может дать объёмная модель переплетения трикотажа.

В данной работе рассматривается создание 3D-модели конкретного переплетения — двуластика (интерлока).

Основная часть. Для построения 3D-модели использовали образец трикотажа. В результате анализа визуальных изображений поверхностей трикотажа [2—4] построена геометрическая модель структуры трикотажа (рисунок 1). В трикотаже данного переплетения обе стороны одинаковы.

Для создания 3D-модели структуры трикотажа использовалась программа 3Ds-Max 2019. **3ds-Max** — полнофункциональная профессиональная программная система для работы с трёхмерной графикой, разработанная компанией Autodesk Media & Entertainment. Работает в операционных системах Microsoft Windows и Windows NT (как в 32-битных, так и в 64-битных). Программа предназначена для художников, дизайнеров, архитекторов, работающих в телевидении, кино, разработке компьютерных игр, дизайне интерьера, техническом дизайне, рекламе для трёхмерного моделирования, анимации и визуализации.

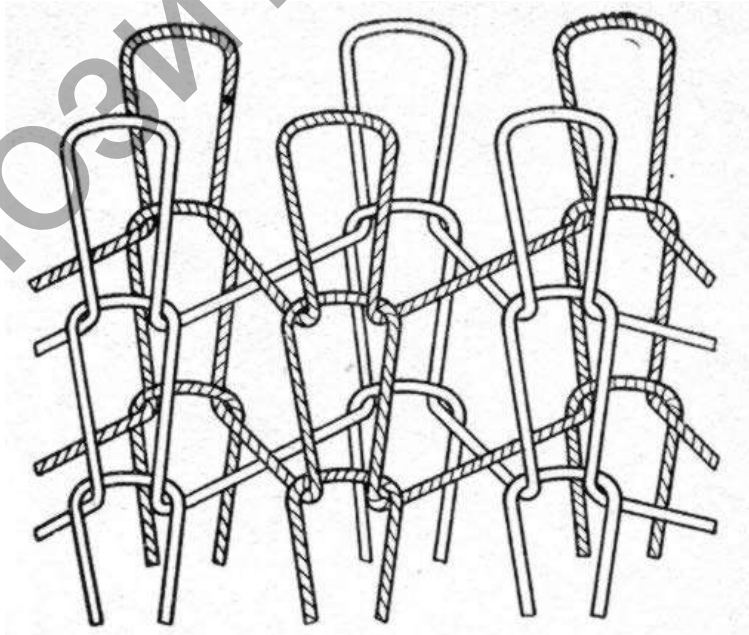


Рисунок 1 — Геометрическая модель структуры трикотажа переплетения «двуластик»

Для создания каркаса изобразим ломаную линию в виде угла. Выбрав данную ломаную, выделим точки и зададим радиус скругления. Далее создадим три копии нашей ломаной и совмести их так, чтобы получилась полноценная петля. Копируя полноценную петлю, выстраиваем в полноценный петельный столбик. Копируя и перемещая вниз на половину петли, сместим петельный столбик вправо. Далее повторяем процедуру копирования для того, чтобы сформировать переплетение (рисунок 2).

Совмещаем протяжки, красная нить с красной, синяя с синей, копируем эти петельные столбики и выстраиваем так, чтобы получилось четыре петельных столбика 3D-модели переплетения «двуластик» (рисунок 3).

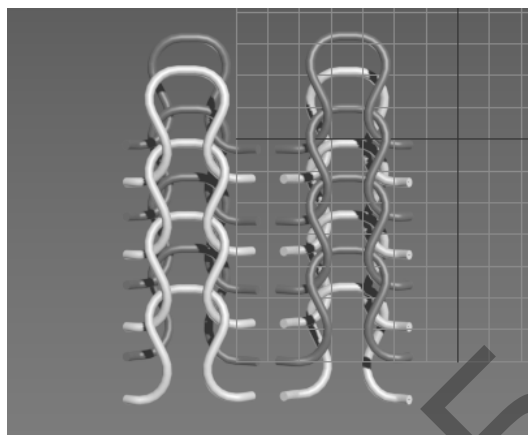
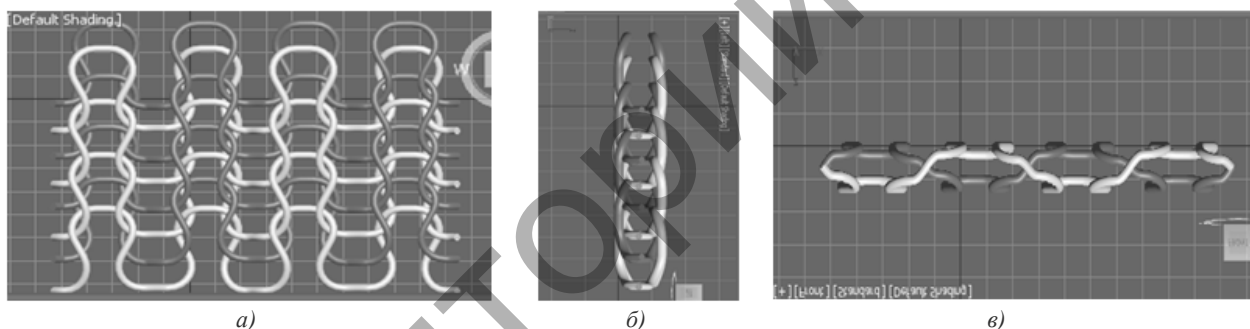


Рисунок 2 — Построение переплетения



а)

б)

в)

а — вид одной из сторон; б — вид сбоку; в — вид сверху

Рисунок 3 — 3D-модель переплетения «двуластик»

Заключение. Создана 3D-модель структуры трикотажа производного переплетения «двуластик». 3D-модель дает полное представление о структуре трикотажа и используется в учебном процессе на кафедре ТТМ ВГТУ для изучения строения и свойств трикотажа, а также может быть использована на производстве и при проведении научных исследований.

Список цитируемых источников

1. Шалов, И. И. Технология трикотажного производства: Основы теории вязания / И.И. Шалов, А.С. Далидович, Л.Г. Кудрявин. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — 296 с.
2. Чарковский, А. В. Анализ трикотажа главных и производных переплетений с использованием визуальных изображений структуры: учеб.-метод. пособие / А. В. Чарковский, В. П. Шелепова. — Витебск: УО «ВГТУ», 2015. — 102 с.
3. Чарковский, А. В. Использование мультифиламентных нитей в чулочно-носочном производстве / А. В. Чарковский, В. А. Гончаров // Вестн. Витеб. гос. технол. ун-та. — 2017. — № 2(33). — С. 78—85.
4. Чарковский, А. В. Разработка высокообъемного трикотажа с использованием мультифиламентных нитей / А. В. Чарковский, В. А. Гончаров. — Вестн. Витеб. гос. технол. ун-та. — 2018. — № 1(34). — С. 79—87.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕЧЕВОЙ ПЛАТФОРМЫ MICROSOFT SPEECH PLATFORM ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Введение. Развитие информационных технологий в настоящее время повлияло на все сферы деятельности человека. Сейчас невозможно представить человека, у которого бы не было ноутбука или персонального компьютера. Зачастую все операции на компьютере требуют ввода информации путем манипулирования устройствами ввода, такими как клавиатура, мышь и др. Однако существует такая категория граждан, как лица с ограниченными возможностями здоровья. Зачастую в программных продуктах никак не предусмотрен ввод и управление программой голосом.

В данной исследовательской работе будут рассмотрены возможности речевой платформы Microsoft Speech Platform.

Основная часть. В данной исследовательской работе основной целью является показ того, что при разработке программного обеспечения на языке C# с использованием программной платформы .NET Framework можно использовать голосовое управление и ввод, что, в свою очередь, упростит пользование программными продуктами людям с ограниченными возможностями здоровья — незрячим (слабовидящим).

Основными задачами исследовательской работы являются: описать возможности речевой платформы Microsoft Speech Platform; разработать простейшее приложение с голосовым интерфейсом; изучить возможности платформы Microsoft Speech Platform SDK; написать приложение с использованием языка программирования C# и программной платформы .NET Framework.

Microsoft Speech Platform — это набор программных модулей и средств разработки, позволяющих разработчикам создавать приложения и сервисы с поддержкой речевых технологий (распознавание речи и синтез речи по тексту), а пользователям взаимодействовать с такими приложениями. В официальных анонсах можно встретить указание на то, что речевая платформа является в определённой степени развитием речевых технологий Microsoft, известных под общим названием Microsoft Speech API (MS SAPI), однако это вполне самостоятельный программный продукт, который можно установить в системе независимо от того, присутствует ли в ней MS SAPI или нет [1].

Речевая платформа включает в себя компоненты времени выполнения Microsoft Speech Platform Runtime, которые необходимо установить всем желающим использовать платформу; средства разработки речевых приложений и служб Microsoft Speech Platform SDK, которые необходимы исключительно разработчикам программного обеспечения [2]; а также языковые модули Language Runtime, устанавливаемые по выбору пользователя. Сейчас в речевой платформе версии 11.0 поддерживаются 26 языков (в их числе русский и чешский).

Для знакомства с Microsoft Speech Platform мы напишем простое приложение, в котором произвольно будут распознаваться запрограммированные слова.

Речевая платформа Microsoft Speech Platform предназначена для распознавания и синтеза речи.

Распознавание речи — процесс преобразования произнесённых слов в печатный текст. Распознавание речи включает в себя: захват и оцифровку звука, произнесённого в микрофон; преобразование оцифрованного звука в фонемы; конструирование из фонем слов; анализ контекста, в котором было произнесено слово, и (при необходимости) замена слов на похожие по звучанию.

Распознающая программа (движок распознавания текста) итерационно сравнивает распознанный текст с правилами грамматики приложения и при совпадении текста с серией правил формирует выходной поток XML с использованием языка разметки семантики. Выходной поток содержит распознанный текст, значения вероятностей правильного распознавания и может содержать семантические значения, присвоенные с помощью разметки интерпретации семантики. Распознанный текст обычно используется для ввода данных под диктовку и для управления приложениями с помощью речевых команд.

Синтез речи — процесс преобразования текста в произносимые слова. Синтез речи включает в себя: разделение слов на фонемы; нахождение текста, требующего преобразование в символы, такого как числа, количество валюты и пунктуация; генерация цифрового звука для воспроизведения.

Движки преобразования текста в речь могут использовать один из двух способов синтеза голоса: генерировать звуки, подобные издаваемым голосовыми связками, и использовать различные фильтры для моделирования длины горла, формы ротовой полости, расположения губ и языка; собирать его из многочисленных кусков речи, записанных диктором.

В данной работе было разработано простейшее приложение для детектирования голосовых команд. На примере Windows Form приложения было обработано событие Show главной формы. Таким образом, когда приложение открывается, начинает работать детектор. На рисунке 1 представлено главное окно приложения, содержащее на форме один элемент пользовательского интерфейса — Label.



Рисунок 1 — Главное окно приложения

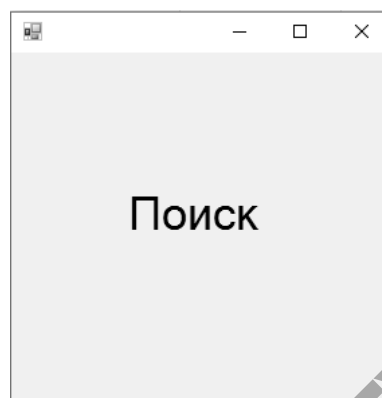


Рисунок 2 — Пример распознавания

Приложение запрограммировано таким образом, что выводит распознанные команды в Label. Если начать произносить текст, а детектор встретит запрограммированные слова или фразы, он запишет их в Label. Пример распознанной команды и ее вывода в Label представлен на рисунке 2.

Это достаточно простой пример того, как настроить голосовое управление в программе. Таким же образом можно реализовать, например, нажатие на кнопку, закрытие программы, т. е. обработать практически любое событие.

Заключение. В работе предложен метод управления программами с использованием речевой платформы Microsoft Speech Platform. Эксперименты показали, что предложенный метод позволяет с достаточно высокой точностью распознавать голосовые команды, произнесенные человеком, а также с помощью их обрабатывать события элементов пользовательского интерфейса Windows Form приложений.

На примере простейшего приложения показано, как можно управлять программами с помощью голоса. Такая полезная функция может стать незаменимым помощником для незрячих (слабовидящих) людей, работающих с программными продуктами. Кроме распознавания речи данная платформа может также синтезировать речь, т. е. в программе можно реализовать аудиоподсказки.

Список цитируемых источников

1. Речевая платформа Microsoft — Runtime (версия 11) [Электронный ресурс]. — 2018. — Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=27226>. — Дата доступа: 06.09.2018.
2. Microsoft Speech Platform — комплект для разработки программного обеспечения [Электронный ресурс]. — 2018. — Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=27225>. — Дата доступа: 06.09.2018.
3. *Томашенко, Н. А.* Исследование проблемы сбалансированности данных при построении акустических моделей систем автоматического распознавания речи [Электронный ресурс]. — 2018. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-problemy-sbalansirovannosti-dannyh-pri-postroenii-akusticheskikh-modeley-sistem-avtomaticheskogo-raspoznaniya-rechi>. — Дата доступа: 06.09.2018.

УДК 004.932

Е. Г. Шапович¹, В. В. Кравчяня²

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи,

²ЧПТУП «Сансет», Барановичи

СОВРЕМЕННЫЕ ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСКУРСИИ И СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЭКСКУРСИЙ

Введение. В настоящее время различные объекты, такие как музеи, отели, университеты и т. д., используют виртуальную реальность для создания виртуальных туров. Виртуальные туры имитируют нахождение человека на этих объектах, дают возможность просматривать все экспозиции в любое удобное время и решать проблемы доступности, так как не каждый из нас сможет посетить особенно удаленные объекты по тем или иным причинам.

Виртуальная экскурсия (тур) считается способом реалистичного отображения трехмерного многоэлементного пространства на экране. Элементы подобных проектов представляют собой сферические панорамы, которые связаны между собой посредством интерактивных переходов, например хотспота. Простыми словами,

виртуальный тур — это общее обозначение для нескольких интегрированных сферических панорам, между которыми пользователь в процессе просмотра может перемещаться. Подобные проекты могут включать и другие интерактивные элементы: появляющиеся информационные окна, объясняющие надписи, графически выдаваемые командные ключи и т. д. Виртуальный тур создает у пользователя определенный эффект присутствия, т. е. яркие незабываемые образы, которые позволяют получить самую полную информацию об объекте [1].

Основная часть. Чтобы создать виртуальный тур, разработчику необходимо подготовить следующее: сферические либо цилиндрические панорамные снимки, движок и интерфейс виртуального тура. Можно создавать сферические либо цилиндрические панорамные фотографии вручную. К сожалению, это самый сложный и длинный путь создания сферических панорам. Для его реализации разработчику необходима профессиональная камера. В этом случае сложность возникает не только при подготовке оборудования, но и в съемке. Чтобы закончить съемку качественной панорамы без отображения «кривизны», необходимо иметь определенный опыт съемки. Также понадобятся специальные программные продукты для склейки обычных фотографий в сферическую панораму, такие как Adobe Photoshop или Image Composite Editor. Однако склейка панорам — это достаточно долгий и трудоёмкий процесс. Также сферическая панорамная фотография может быть сделана простым способом, который не требует очень дорогого оборудования или профессиональных навыков. Можно использовать современный смартфон. Для создания цилиндрической панорамы можно использовать смартфон или планшет под управлением Jelly Bean Android 4.2 OS и выше, а также приложение «Камера». Для устройств на iOS версии 7.0 или выше доступно приложение Bubbles, которое может добавить отсутствующий режим съемки, позволяющий создавать сферические панорамы для iOS [2].

Когда все кадры сферической панорамы сняты, их ещё необходимо свести вместе. Для этого существует несколько программных продуктов: Biganto Visual, Krpano, Kolor Panotour Pro, Pano2VR и др. Некоторые программные продукты являются бесплатными, но не все.

Выделяют три вида виртуальных туров: полностью заскриптованные, частично заскриптованные, а также с открытым передвижением. В полностью заскриптованных пользователи от начала и до конца будут вести по виртуальному туру «гид», не будет остановки на хотспотах. В данном варианте виртуального тура нет навигационного интерфейса, и пользователь идёт уже по заготовленному заранее разработчиком сценарию. На сегодня чаще всего встречаются частично заскриптованные виртуальные туры. Здесь в каждой сцене (зале музея) можно остановиться и осмотреться, а только после нажать на точку перехода между сценами — хотспот. Как вариант, при помощи подобного виртуального тура есть возможность рассмотреть все экспозиции виртуального тура. Виртуальными турами с открытым передвижением принято считать полную виртуальную проекцию музея. Это один из самых сложных методов разработки в техническом плане, так как при создании полной виртуальной проекции необходимо использовать так называемое 3D-моделирование [2].

Также необходимо позаботиться об интерфейсе виртуального тура. Можно выбрать основные характеристики пользовательского интерфейса: понятный, удобный и дружелюбный. Существует также графический пользовательский интерфейс (GUI), в нем элементы интерфейса, представленные пользователю на дисплее, выполняются в виде графики. В отличие от интерфейса командной строки, пользователь имеет произвольный доступ ко всем видимым экранным объектам (элементам интерфейса) и может осуществлять прямое манипулирование ими. Чаще всего элементы интерфейса в GUI реализуются на основе метафор и отображают их назначение и свойства. Все это способствует пониманию и разработке программ для неподготовленных пользователей. Выделим следующие типы интерфейса GUI: простой, истиннографический, двумерный, трехмерный, оконный интерфейс, WIMP (графический интерфейс), веб-ориентированный интерфейс, индуктивный пользовательский интерфейс и масштабируемый пользовательский интерфейс. Одним из требований к хорошему графическому интерфейсу программной системы является концепция DWIM, которая требует, чтобы система работала предсказуемо, чтобы пользователи заранее интуитивно поняли, какая операция будет выполняться программой после получения от них определенной команды. Также можно выделить и другие типы пользовательского интерфейса: звуковой (IVR), текстовый, голосовой и тактильный [3].

В настоящее время в Интернете достаточно много виртуальных экскурсий выполнены с помощью Flash-технологий, однако это уже устаревшая технология, которая не поддерживается браузерами. Поэтому проектировать виртуальные туры необходимо с помощью языка гипертекстовой разметки HTML5, языка программирования JavaScript и языка разметки масштабируемой векторной графики SVG. Цель разработки HTML5 — улучшение уровня поддержки мультимедиа-технологий с одновременным сохранением обратной совместимости в современных браузерах. SVG (масштабируемая векторная графика) — язык разметки масштабируемой векторной графики, созданный консорциумом Всемирной паутины (W3C) и входящий в подмножество расширяемого языка разметки XML, предназначен для описания двумерной векторной и смешанной векторно-растровой графики в формате XML. Поддерживает как неподвижную, так и анимированную интерактивную графику, или (в иных терминах) декларативную и скриптовую.

Перед разработкой виртуальных туров также необходимо ознакомиться с существующими аналогами. Не рекомендуется создавать тур как одну html-страницу — это ведет к большой нагрузке на ЦП, а также слишком сильно загружает ОЗУ. Также виртуальный тур не должен иметь высокую степень вложенности — это способствует тому, что посетитель экскурсии с легкостью может заблудиться. Также виртуальный тур должен иметь панели навигации и возможность перехода на начальную страницу. Не стоит разрабатывать виртуальные туры с использованием технологии Flash, так как данная технология к концу 2018 года будет отключена во всех современных

браузерах. Следует также отметить, что виртуальный тур должен иметь адаптивную верстку, так как в настоящее время на рынке присутствует огромное количество устройств с различным разрешением экрана. При разработке панорам необходимо быть очень внимательным при выборе вида панорамы. Если, например, в движке выставить сферическую панораму, а в качестве входного изображения будет цилиндрическая, то на выходе в виртуальном туре будут присутствовать «черные» зоны. Анализируя существующие аналоги, следует отметить, что виртуальный тур должен соответствовать всем современным требованиям и браузерам — иметь панель навигации и иерархическую (модульную) структуру. Также требуется исключить высокую степень вложенности.

Заключение. Для учреждения высшего образования можно создать не только сайт, который будет являться его «лицом», но и виртуальную экскурсию (тур), чтобы повысить его доступность перед аудиторией, и для этого не обязательно обращаться к профессионалам данного дела.

Список цитируемых источников

1. Бег по кругу: создание интерактивных панорам и виртуальных туров [Электронный ресурс]. — 2018. — Режим доступа: <https://3dnews.ru/646669>. — Дата доступа: 12.09.2018.
2. Что такое виртуальный тур и как его сделать, программы для создания 3D-тура [Электронный ресурс]. — 2018. — Режим доступа: https://www.pixiq.ru/virtual_tour — Дата доступа: 03.09.2018.
3. Гращенко, Л. А. Обобщенная модель угроз информационной безопасности визуальных интерфейсов пользователя / Л. А. Гращенко // Изв. Орл. гос. техн. ун-та. Серия : Информационные системы и технологии. — 2006. — №. 1. — С. 41—45.

УДК 004.75

Е. Г. Шапович¹, М. А. Куприк²

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи,

²ОАО «Берестейский пекарь», Барановичи

АНАЛИЗАТОР ВХОДЯЩЕГО И ИСХОДЯЩЕГО ТРАФИКОВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение. Компьютеризация повлекла за собой рост развития как внешней сети Интернет, так и внутренних локальных сетей различных компаний и предприятий. Поэтому чрезвычайно важно, чтобы сетевые и системные администраторы умели управлять различными типами трафика, который проходит через сеть предприятия. Мониторинг и анализ трафика необходимы для того, чтобы эффективно диагностировать и решать проблемы, когда они происходят, таким образом, не доводя сетевые сервисы и работу предприятия до простоя в течение длительного времени. На данный момент доступно множество различных инструментов, которые позволяют помочь администраторам с мониторингом и анализом сетевого трафика. Однако не все эти инструменты могут удовлетворить потребности конкретного предприятия, к тому же многие из них являются довольно дорогостоящими. Поэтому часто возникает необходимость создания программного средства, осуществляющего подсчет трафиков, потребляемого различными пользователями локальной сети [1]. Данное исследование посвящено именно этой проблеме — реализации методов и алгоритмов анализа трафика локальной сети.

Основная часть. Задачей исследования является разработка программного комплекса для анализа входящего и исходящего трафиков локальной сети предприятия.

Такая система должна обладать следующими функциональными возможностями: состоять из двух независимых приложений, каждое из которых будет выполнять определенную задачу; иметь возможность последующей доработки, усовершенствования и расширения функционала; в системе должна быть реализована функция аутентификации пользователей с хранением пароля в таблице в хешированном виде для защиты от утечки данных из базы данных; вся анализируемая информация должна храниться в базе данных MySQL; позволять анализировать данные по различным параметрам и за различные периоды времени; вся работа программного комплекса должна логироваться в таблицу базы данных; программный комплекс должен быть полностью совместим с семейством операционных систем Microsoft Windows.

Для решения поставленной задачи было решено использовать интегрированную среду разработки Microsoft Visual Studio 2012 и объектно ориентированный язык высокого уровня C#.

В качестве системы управления базами данных была выбрана MySQL, которая поддерживает SQL (структурированный язык запросов) и может применяться в качестве SQL-сервера.

Ключевым механизмом защиты информации является контроль доступа к ресурсам, основанный на задании и реализации правил разграничения доступа к ресурсам для пользователей. Для реализации контроля доступа в разрабатываемом программном комплексе используется механизм аутентификации пользователей.

Такой подход дает разные значения даже в том случае, если один пользователь дважды использует один и тот же пароль. В .NET есть готовые реализации KDF, в частности, в данном приложении используется “Rfc2898DeriveBytes” [2].

После запуска приложения-парсера появится окно формы (рисунок 1), а также, благодаря использованию таймера, будет начат процесс считывания данных из лог-файла, их обработки, структурирования и записи обработанной информации в базу данных.

Пример структуры одного из лог-файлов, обрабатываемых данным приложением, представлен на рисунке 2.

Таймер настроен на повторение процедуры проверки лог-файлов на добавление новых данных, а также, в случае, если новые данные добавлены прокси-сервером, обработку, структурирование и занесение новой информации в таблицы базы данных каждые 10 минут.

Рассмотрим работу клиентского приложения.

Для начала работы с программным продуктом необходимо указать параметр глубины среза данных, после чего нажать кнопку «Анализировать». В результате на вкладке «График» будут построены график динамики потребления трафика и график пользователей, потребовавших за этот период наибольшее количество трафика (рисунок 3).

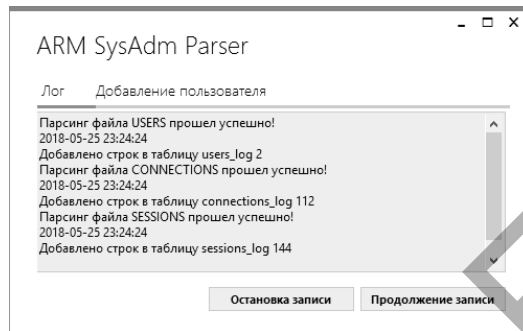


Рисунок 1 — Окно приложения для парсинга данных

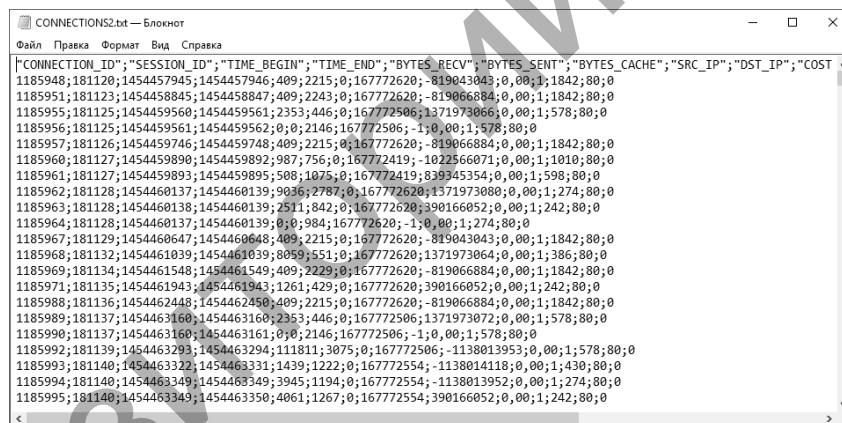


Рисунок 2 — Пример структуры одного из лог-файлов

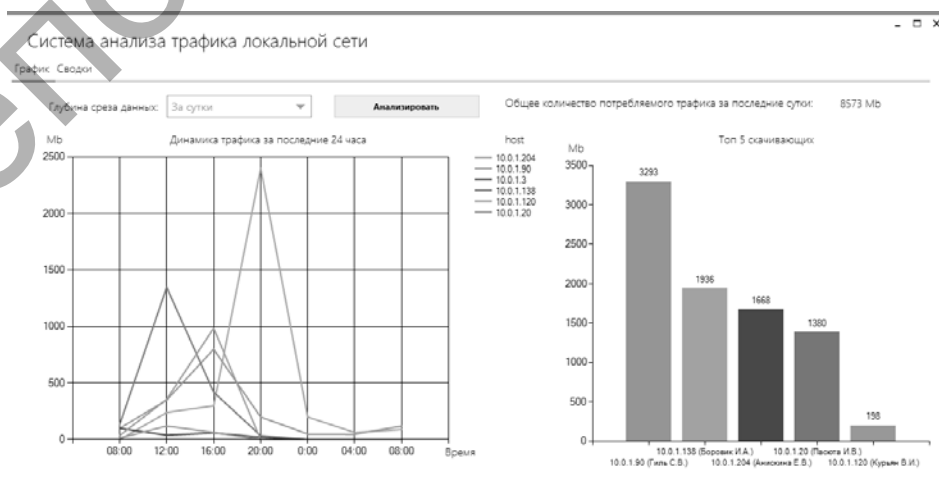


Рисунок 3 — Результат построения графиков за заданный период

На вкладке «Сводки» пользователь имеет возможность просмотреть список популярных ресурсов, а также сводку по популярным ресурсам за заданный период времени.

Для просмотра сводки по пользователям в выпадающем списке нужно выбрать соответствующее поле. В результате в таблицы будет записана информация об общем количестве использованного трафика по каждому пользователю. Также, при нажатии в таблице пользователей на интересующего пользователя, во второй таблице будет записана информация о том, какие ресурсы посещает данный пользователь, и количество потребляемого трафика.

Заключение. В ходе исследования было спроектировано приложение, предназначенное для анализа входящего и исходящего трафиков локальной сети предприятия. Были реализованы все части программного комплекса, проведено тестирование отдельных частей проекта, а также взаимодействие между ними.

Список цитируемых источников

1. Еномян, К. Э. Средство анализа объемов трафика пользователей суперкомпьютера / К. Э. Еномян. — М.: Дом МГУ, 2016. — 1007 с.
2. Как зашифровать пароли [Электронный ресурс]. — 2018. — Режим доступа: <https://ru.stackoverflow.com/questions/545944/Как-зашифровать-пароли> — Дата доступа: 08.10.2018.

УДК 159.923.5:004.42

А. В. Шах

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ²

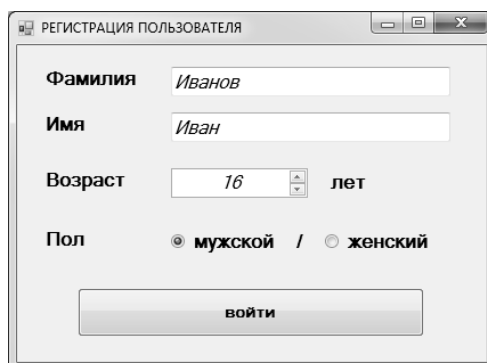
Введение. Тестирование возникло потому, что человек хотел знать, чем и как он отличается от других людей, и желательно, чтобы эти различия были выражены точным количественным значением по четко определенным параметрам. Таким образом, основным принципом тестирования являются выполнения одинаковых (эквивалентных) для всех коротких заданий, по результатам которых люди сравниваются между собой. Обобщая, тесты — это короткие тестовые задания для человека, построенные и отобранные в соответствии с определенными правилами, по результатам выполнения которых можно получить некоторую информацию о нем. Эта информация может быть очень разнообразной, но в конечном итоге ее можно использовать для определения того, обладает ли человек тем или иным качеством, способностью, знаниями [1].

Применение информационных технологий дает возможность не только «протестировать» личность, но и сопоставить полученные результаты с различными выборками тестовых заданий (профессиональными, социально-демографическими, должностными и т. д.), формируя более совершенную оценку.

Основная часть. В рамках исследования на тему «Социально-психологические характеристики личности, склонной к виктимному поведению» при поддержке фонда БРФФИ—РФФИ (№ Г18Р-298) был разработан программный продукт для проведения тестирования испытуемых и автоматизации обработки даваемых ими ответов. В качестве информационной составляющей приложения использован опросник «Тип ролевой виктимности» (авторы М. А. Одинцова, Н. П. Радчикова) и опросник «Диагностика склонности к виктимному поведению» (автор О. О. Андронникова).

Разработка приложения осуществлялась на языке высокого уровня C# с применением платформы .NET Framework 4.0.

Перед началом тестирования испытуемому необходимо пройти регистрацию, указав свое имя и фамилию, возраст и пол. На рисунке 1 представлена форма входа в приложение.



The image shows a screenshot of a web application window titled "РЕГИСТРАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ". The window contains a registration form with the following fields and values: "Фамилия" (Ivanov), "Имя" (Ivan), "Возраст" (16 лет), and "Пол" (radio buttons for "мужской" and "женский", with "мужской" selected). A "войти" button is located at the bottom of the form.

Рисунок 1 — Вход в приложения

© Шах А. В., 2019

² Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках Международного проекта БРФФИ—РФФИ «Психологическое сопровождение виктимной личности в подростковом и юношеском возрасте: система психологической диагностики и коррекции», № Г18Р-298

Рисунок 2 — Форма регистрации испытуемого (опрос)

результаты тестирования

Вы периодически манипулируете другими людьми («давить на жалость, изображая беспомощность», «льстить», «оперировать статусом хорошего друга» и др.), пытаетесь получить поддержку, в которой, как Вам кажется, Вы нуждаетесь. Иногда Вы привлекаете внимание других людей, рассказывая о своих несчастьях и страданиях, ожидая получить поддержку, сочувствие, помощь, снисхождение. Иногда Вы избегаете выполнения поручений, за которые нужно нести ответственность. Вы отличаетесь умеренной общительностью, умением расположить к себе и сочувствовать, умеренной мягкосердечностью, поддерживаете со многими людьми теплые отношения.

В 50 % случаев Вы страдаете от того, что Вас отвергает, игнорирует или недолюбливает коллектив. Вы периодически чувствуете себя одиноким, ненужным. В такие моменты Вы переживаете по этому поводу. Вы в равной мере вините себя, обстоятельства и других людей в случившихся с Вами неприятностях. Вы в средней степени обидчивы, в половине случаев считаете других людей более привлекательными и более успешными, чем Вы сами. В равной степени Вы любите как уединение, так и общение с другими людьми. Вместе с тем, Вы в средней степени открыты новому опыту, что выражается в хорошем воображении, достаточном уровне понимания происходящего, сообразительности. Вы периодически анализируете свои поступки.

Иногда Вас мучают мысли об отсутствии смысла жизни. Вы периодически манипулируете другими людьми («давить на жалость», «вызывать у других чувство вины», лезть как преувеличение достоинства другого человека, угрозы, агрессивное требование помощи), чтобы избежать ответственности за решение своих проблем. Иногда Вы игнорируете проблемы, делая вид, что ничего не происходит, смиряетесь с положением дел и не желаете ничего менять, так как в этих ситуациях Вы уверены, что любые попытки что-то изменить бесполезны. Надежды на «спасение» в этом случае Вы возлагаете на свое ближайшее окружение. Вам в средней степени свойственна переменчивость в настроении: от приподнятого настроения Вы можете переходить в состояние печали, уныния, отчаяния. Как правило, Вы в 50 % случаев вините себя в случившемся, а в 50 % других случаев вините других людей и жалеете себя. Как правило, Вы умеренно выражаете раздражение, возмущение и агрессию, направленную на других людей, не оправдавших Ваши ожидания (не проявили сочувствия, не оказали помощи, не были солидарны).

Рисунок 3 — Форма регистрации испытуемого (итог опроса)

После выбора одного из нескольких предлагаемых тестов испытуемому необходимо ответить на ряд вопросов. В зависимости от теста предлагается выбор как одного, так и нескольких вариантов ответа. На рисунке 2 представлен вид формы в ходе проведения тестирования.

После ответа на все вопросы теста приложение проводит подсчет набранных баллов согласно таблице ключей и заносит их в таблицу MS Excel для дальнейшей статистической обработки, а испытуемому на экран выводится словесная интерпретация полученных результатов (рисунок 3).

Заключение. Внедрение современных информационных технологий предоставляет качественно новые возможности для проведения личностной и групповой диагностики. Это возможно применить ко всем этапам процесса диагностики, упрощается обработка ответов тестируемого, происходит уменьшение случайных ошибок, возрастает оперативность формирования результатов тестирования, растет «пропускная способность», что особенно важно при проведении группового исследования. Важным преимуществом автоматизации психологической и профессиональной диагностики является увеличение скорости конвертации полученных первичных данных по тестам в стандартные значения и наличие базовых вариантов интерпретации показателей.

Таким образом, компьютерные системы диагностики высвобождают педагога-психолога от трудозатратных рутинных действий и позволяют сконцентрироваться на решении содержательных профессиональных задач. Применение программного обеспечения для создания тестов позволяет формировать готовые профессиональные тестовые наборы и индивидуально формировать нужные для определенной ситуации опросники; инициирует у тестируемого интерес к психологическому обследованию, содействует личностному развитию учащихся [2].

Список цитируемых источников

1. Орел, Е. Создание тестов и компьютерное тестирование / Е. Орел, А. Прохоров // КомпьютерПресс. — 2006. — № 7. — Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=16151>.
2. Олейникова, Е. Опыт использования в практике школьного психолога информационных компьютерных технологий / Е. Олейникова // Шк. психолог. — 2006. — № 3. — Режим доступа: <http://psy.1september.ru/article.php?ID=200600312>.

УДК 519.872

А. В. Шах, А. А. Ермакова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ТОРГОВЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Введение. Системы массового обслуживания (далее — СМО) — это такие системы, в которые в случайные моменты времени поступают заявки на обслуживание, при этом поступившие заявки обслуживаются с помощью имеющихся в распоряжении системы каналов обслуживания.

Использование методов теории массового обслуживания позволяет решать большинство экономических задач, начиная с бытовой сферы и заканчивая военным делом. Сферами применения СМО являются торговля, экономика, обслуживающая сфера, аналитические модели исследований, статистика и т. д.

Цель теории массового обслуживания — оптимизация решения любой из поставленных задач как экономического характера, так и социального, минимизация используемых ресурсов для решения поставленной задачи. Цель клиента — как можно меньше времени потратить, простаивая в очереди. Цель обслуживающей системы — как можно меньше времени находиться в состоянии вынужденных простоев.

Цель анализа СМО — найти оптимальное соотношение для удовлетворения потребностей «клиентов» и мощности обслуживаемой системы. С этой целью рассчитываются показатели эффективности СМО через её характеристики [1].

Очевидно, что уровень качества торгового обслуживания является важным фактором конкурентоспособности предприятия торговли в условиях рыночных отношений. Сегодня потребитель при выборе места покупок ориентируется не только на цены предлагаемых ему товаров, но и на качество его обслуживания. В случае же жесткой ценовой конкуренции на рынке высокий уровень качества торгового обслуживания часто становится главным аргументом в пользу конкретного предприятия. Поэтому в последние годы руководители предприятий торговли стали уделять контролю качества функционирования систем обслуживания повышенное внимание. Схема взаимодействия потоков заявок и обслуживаний представлена на рисунке 1.

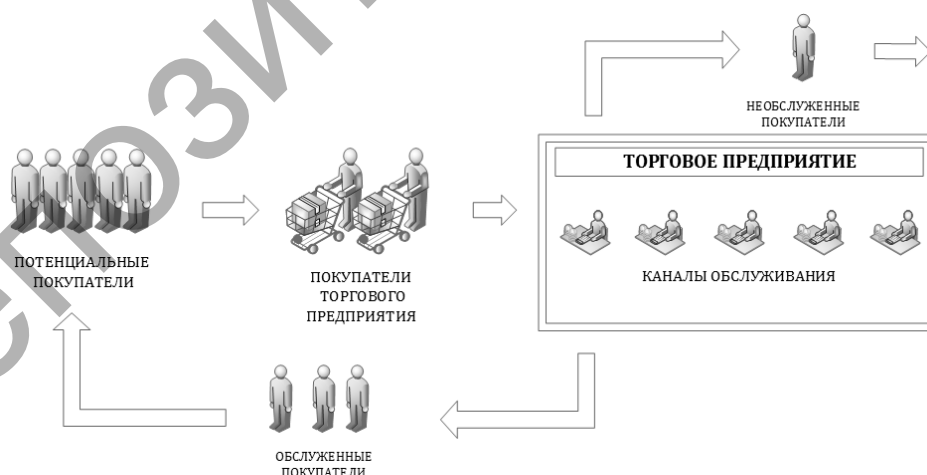


Рисунок 1 — Схема взаимодействия потоков заявок и обслуживаний

Основная часть. С позиции моделирования процесса массового обслуживания ситуации, когда образуются очереди заявок (требований) на обслуживание, возникают следующим образом: 1) поступив в обслуживающую систему, требование присоединяется к очереди других (ранее поступивших) требований; 2) канал обслуживания выбирает требование из находящихся в очереди, с тем чтобы приступить к его обслуживанию; 3) после завершения процедуры обслуживания очередного требования канал обслуживания приступает к обслуживанию следующего требования, если таковое имеется в блоке ожидания.

Аналитические решения задач массового обслуживания, широко используемые в прикладной практике, описывают стационарный период работы системы и построены с использованием пуассоновского потока событий. В то же время анализ продолжительности переходных периодов во многих случаях характеризуется тем, что они могут составлять существенную часть рабочего периода системы, поэтому, не учитывая период нестационарности, невозможно оптимизировать рабочие характеристики системы в целом, что весьма характерно для массового обслуживания в торговых предприятиях.

Таким образом, актуальность данной темы исследования продиктована необходимостью развития формализованных средств аппарата моделирования, анализа и оптимизации СМО в целях повышения эффективности их функционирования в нестационарных условиях. Предметом теории массового обслуживания является установление зависимости между факторами, определяющими функциональные возможности СМО, и эффективностью ее функционирования. В большинстве случаев все параметры, описывающие СМО, являются случайными величинами или функциями, поэтому эти системы относятся к стохастическим системам.

Независимо от характера процесса, протекающего в СМО, различают два основных вида СМО:

– системы с отказами, в которых заявка, поступившая в систему в момент, когда все каналы заняты, получает отказ и сразу же покидает очередь;

– системы с ожиданием (очередью), в которых заявка, поступившая в момент, когда все каналы обслуживания заняты, становится в очередь и ждет, пока не освободится один из каналов. Системы массового обслуживания с ожиданием делятся на системы с ограниченным ожиданием и системы с неограниченным ожиданием.

В системах с ограниченным ожиданием может ограничиваться длина очереди, время пребывания в очереди.

В системах с неограниченным ожиданием заявка, стоящая в очереди, ждет обслуживания неограниченно долго, т. е. пока не подойдет очередь.

Все СМО различают по числу каналов обслуживания: одноканальные системы, многоканальные системы.

Общая классификация СМО представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 — Виды СМО

При моделировании процесса выбора и оплаты покупки в магазине время между моментами поступления заявок в систему распределено по нормальному закону распределения (1) с интенсивностью с интенсивностью входного потока заявок a (2) в исследуемый период времени t часов:

$$F(t) = \begin{cases} \frac{1}{a\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2a^2}}; \\ 0, t \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{1}{\max_{\text{вх}}}. \quad (2)$$

В качестве характеристик эффективности обслуживания, в зависимости от условий задачи и целей исследования, могут применяться различные величины и функции: среднее количество заявок, которое может обслужить [2] в единицу времени; средний процент заявок, получающих отказ и покидающих СМО необслуженными; вероятность того, что проступившая заявка немедленно будет принята к обслуживанию; среднее время ожидания в очереди; закон распределения времени ожидания; среднее количество заявок, находящихся в очереди; закон распределения числа заявок в очереди; доход, приносимый СМО в единицу времени, и т. д. [2].

Заключение. Использование методов теории массового обслуживания показывает связь между объемом клиентов, количеством сотрудников торгового предприятия и их производительностью, а также эффективностью работы непосредственно расчетно-кассового узла.

Применяя метод теории массового обслуживания, решаются задачи по оптимизации планирования, качества и количества обслуживания, эффективной организации обслуживающих систем магазина. Все это приводит к минимизации затрат и издержек, увеличению конкурентоспособности и лучшему функционированию всей системы по обслуживанию покупателей.

Список цитируемых источников

1. Кошуняева Н. В. Теория массового обслуживания (практикум по решению задач) / Н. В. Кошуняева, Н. Н. Патронова ; САФУ имени М.В. Ломоносова. — Архангельск : САФУ, 2013. — 107 с.
2. Системы массового обслуживания и их применение в логистике [Электронный ресурс] — 2018 — Режим доступа: http://www.kt-lospo.com/study/L_3_5.htm — Дата доступа: 08.10.2018.

УДК 004.75

И. В. Яковюк

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

БЕЗОПАСНОСТЬ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ С CEPH

Введение. Ceph — свободная программная объектная сеть хранения, обеспечивающая как файловый, так и блочный интерфейс доступа.

Система не обладает узкими местами в безопасности и единими точками отказа, что положительно характеризует её с точки зрения безопасности хранения данных. Система легко масштабируема при достаточном наличии физических ресурсов. Кластеры узлов выполняют различные функции, обеспечивая хранение и репликацию данных, а также распределение нагрузки, чем достигается высокая надёжность и доступность.

Основная часть. Ceph обеспечит сохранность данных при выходе из строя диска, узла или кластера узлов. После замены повреждённых дисков система восстановит данные с других дисков. При корректно настроенной конфигурации это не повлечёт за собой недоступность и потерю данных.

Система программно определяемая и работает поверх стандартных файловых систем и сетевых уровней. Для настройки кластера необходимы сервера / виртуальные машины с операционной системой Linux (Red Hat Enterprise Linux, CentOS, Fedora, Debian, Ubuntu), соединённые сетью между собой. Можно использовать внешнюю сеть, но для обеспечения более высокой скорости можно настроить по второй сетевой карте на каждом сервере и соединить сервера второй сетью [1].

Поверх операционной системы работают службы Ceph, в документации их перечислено три: Mon — служба монитора; OSD — служба хранилища; MDS — сервер метаданных.

Если речь идёт об относительно небольшом кластере, то один сервер может совмещать несколько ролей.

Как правило, под OSD подразумевается один физический диск, однако это может быть также RAID-массив или iSCSI-устройство.

Кластер может иметь один или несколько пулов данных разного размера, пулы делятся на плейсмент-группы для хранения объектов, к которым обращаются клиенты. За каждой плейсмент-группой закреплён один главный диск, несколько дисков-реплик [2].

Физически диски могут находиться на разных узлах.

Фактор репликации — это уровень избыточности данных; количество копий данных, которое будет храниться на разных дисках. Пул — это логический абстрактный контейнер для организации хранения данных пользователя. Любые данные хранятся в пуле в виде объектов. Каждый пул имеет ряд настраиваемых параметров: фактор репликации, количество плейсмент-групп, минимальное количество живых реплик объекта, необходимое для работы, и другие параметры.

Плейсмент-группа — это связующее звено между физическим уровнем хранения (диски) и логической организацией данных (пулы). Число PG должно быть кратно степени «2».

Каждый объект на логическом уровне хранится в конкретной плейсмент-группе. На физическом же уровне он лежит в нужном количестве копий на разных OSD (физический диск, RAID-массив или iSCSI-устройство), которые в эту плейсмент-группу включены.

Монитор — это служба, выполняющая роль координатора, с которого начинается кластер. Как только появляется хотя бы один рабочий монитор, появляется Ceph-кластер. Монитор хранит информацию о здоровье и состоянии кластера, обмениваясь различными картами с другими мониторами. Клиенты обращаются к мониторам, чтобы узнать, на какие OSD писать/читать данные. При разворачивании нового хранилища первым делом создается монитор (или несколько). Кластер может прожить на одном мониторе, но рекомендуется делать три или пять мониторов во избежание падения всей системы по причине падения единственного монитора. Необходимо, чтобы количество мониторов было нечетным [1].

OSD (Object Storage Device) — это юнит хранилища, который хранит сами данные и обрабатывает запросы клиентов, обмениваясь данными с другими OSD. Обычно это диск. И обычно за каждый OSD отвечает отдельный OSD-демон, который может запускаться на любой машине, на которой установлен этот диск. Это второе, что нужно добавлять в кластер при первичной настройке.

В основе механизма децентрализации и распределения лежит CRUSH-алгоритм (Controlled Replicated Under Scalable Hashing), играющий важную роль в архитектуре системы. Этот алгоритм позволяет однозначно определить местоположение объекта на основе хеша имени объекта и определенной карты, которая формируется исходя из физической и логической структур кластера (датацентры, залы, ряды, стойки, узлы, диски). Карта не включает в себя информацию о местонахождении данных [1]. Путь к данным каждый клиент определяет сам, с помощью CRUSH-алгоритма и актуальной карты, которую он предварительно спрашивает у монитора. При добавлении диска или падении сервера карта обновляется.

Ceph предусматривает несколько способов увеличения производительности кластера методами кеширования: Primary-Affinity, вынос журналов на SSD, кеш-тиринг.

Клиент может смонтировать файловую систему CephFS, если у него Linux с версией ядра 2.6.34 или новее. Если версия ядра старше, то можно смонтировать ее через FUSE (Filesystem in User Space). Для того чтобы клиенты могли подключать Ceph как файловую систему, необходимо в кластере поднять хотя бы один сервер метаданных (MDS) [3].

Удаление данных непосредственно с диска — это довольно ресурсоемкая задача, в продвинутых системах удаление делается отложено или не делается вообще. Ceph — тоже продвинутая система, и в случае с RGW при удалении s3-объекта соответствующие RADOS-объекты не удаляются с диска сразу [3]. RGW помечает s3-объекты как удаленные, а отдельный gc-поток занимается удалением объектов непосредственно из RADOS-пулов и, соответственно, с дисков отложено.

Заключение. Так как Ceph лёгок в настройке и обеспечивает постоянный доступ к информации, часто используется хостинг-провайдерами, в таком случае клиент не беспокоится о проблемах с недоступностью и потерей данных. Для клиента важным является то, что данные не хранятся в одной точке, копии находятся на разных стойках (возможно даже в разных датацентрах).

Список цитируемых источников

1. Д'Атри, Э. Изучаем Ceph. / Э. Д'Атри. — 2-е изд. — М. : Модуль-Проекты, 2017.
2. Сингх, К. Книга рецептов Ceph / К. Сингх. — М. : Модуль-Проекты, 2016.
3. Фиск, Н. Полное руководство Ceph / Н. Фиск. — Packt Publishing Ltd, 2017.

УДК 004.657

И. В. Яковюк

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

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАПРОСОВ К БАЗЕ ДАННЫХ И ЗАЩИТА ОТ SQL-ИНЪЕКЦИЙ

Введение. Частой причиной медленной работы приложения, интернет-ресурса кроме ошибок, допущенных при настройке сервера, является наличие неоптимизированных, медленных запросов к базе данных. При долгом выполнении SQL-запроса конечный клиент долго ожидает ответа от сервера, к тому же в этот момент возрастает нагрузка на самом сервере. Для предотвращения указанных и многих других проблем необходимо провести оптимизацию.

Основная часть. SQL server management studio позволяет получать дополнительную информацию о выполнении запроса: план запроса получается функциями “Display Estimated Execution Plan” (оценочный план) и “Include Actual Execution Plan” (фактический план). Отличаются они тем, что оценочный план строится без выполнения запроса. Соответственно, информация о количестве обработанных строк в нем будет только оценочная. В фактическом плане будут как оценочные данные, так и фактические. Сильные расхождения этих величин говорят о неактуальности статистики.

Также можно получать замеры затрат процессора и дисковых операций сервера. Для этого необходимо включить SET-опции либо в диалоге через меню “Query” / “Query options...” [1].

В результате выполнения будут данные по затратам времени на компиляцию и выполнение, а также количество дисковых операций.

Здесь стоит обратить внимание на время компиляции и текст «логических чтений N, физических чтений M». При втором и последующих выполнениях одного и того же запроса физические чтения могут уменьшаться, а повторная компиляция может не потребоваться. Из-за этого часто возникает ситуация, что второй и последующие разы запрос выполняется быстрее, чем первый. Причина — в кешировании данных и скомпилированных планов запросов [1].

1. Затраты процессора можно смотреть, используя SET STATISTICS TIME ON.

2. Дисковые операции: SET STATISTICS IO ON. «Логическое чтение» — это операция чтения, завершившаяся в кеше диска без физического обращения к дисковой системе. «Физическое чтение» требует значительно больше времени.

Объем сетевого трафика оценивается с помощью “Include Client Statistics”.

Детально алгоритм выполнения запроса анализируется по «плану выполнения» с помощью “Include Actual Execution Plan” и “Include Live Query Statistics”.

Анализ нагрузки от приложения.

Для анализа нагрузки, создаваемой приложением, необходимо воспользоваться SQL Server Profiler.

В первую очередь происходит запуск SQL Server Profiler и подключение к серверу. Затем необходимо выбрать журналируемые события. Наиболее простой вариант — запустить профилирование со стандартным шаблоном трассировки. На закладке “General” в поле “Use the template” выбрать “Standard (default)” и нажать “Run” [1].

Другой вариант — к выбранному шаблону добавить (или убавить) фильтры или события. Данные опции на второй закладке диалога. Чтобы увидеть полный набор возможных событий и колонок для выбора, нужно отметить пункты “Show All Events” и “Show All Columns”.

Из событий потребуются: Stored Procedures \ RPC:Completed; TSQL \ SQL:BatchCompleted.

Эти события фиксируют все внешние sql-вызовы к серверу. Они возникают, как видно из названия (Completed), после окончания обработки запроса. Имеются аналогичные события фиксирующие старт sql-вызова: Stored Procedures \ RPC:Starting; TSQL \ SQL:BatchStarting [1].

Очевидно, что такая информация доступна только по окончании выполнения. Соответственно, столбцы с данными по CPU, Reads, Writes в событиях *Starting будут пустыми.

Множества трудностей можно избежать, если не допускать ошибки на этапе проектирования и разработки приложения.

Как отмечается в исследованиях, следует помнить о специальном значении NULL. NULL ещё называется UNKNOWN. Причина в том, что при получении данных и связывании переменных JDBC отражает SQL NULL в Java null. Это может привести к тому, что NULL = NULL (SQL) будет вести себя так же, как и null == null (JAVA) [2].

Часто разработчики загружают SQL-данные в память, трансформируют их в подходящую коллекцию и выполняют нужные вычисления на этих коллекциях с многословными циклическими структурами. Важным является использование OLAP-функций, которые подходят для этого лучше и являются более простыми в написании [2].

Большинство баз данных поддерживают средства для страничной разбивки через LIMIT... OFFSET, TOP... START AT, OFFSET... FETCH операторов. В отсутствии поддержки этих операторов всё ещё есть возможность наличия ROWNUM (Oracle) или ROW_NUMBER() OVER() фильтрации (DB2, SQL Server 2008 и др.), которые намного быстрее разбивки в памяти. Использование JDBC для страничной разбивки большой выборки является более грамотным решением.

В исследованиях по безопасности отмечается, что для защиты от SQL-инъекций следует придерживаться следующий правил при разработке приложения: подставлять данные в запрос только через плейсхолдеры; идентификаторы и ключевые слова подставлять только из белого списка, прописанного в коде [3].

Любые данные должны попадать в запрос не напрямую, а через представителя, подстановочное выражение. В общем виде запрос будет иметь вид: SELECT * FROM table WHERE id > ? LIMIT ?

А данные добавляются и обрабатываются отдельно.

Разработчики сталкиваются с необходимостью подставлять в запрос не только данные, но и другие элементы: идентификаторы (имена полей и таблиц) и даже элементы синтаксиса, ключевые слова. Даже незначительные, как DESC или AND, но требования к безопасности таких подстановок всё равно должны быть не менее строгими [3].

Заключение. Приведём пример: имеется база элементов, которая выводится пользователю в виде HTML-таблицы. Пользователь может сортировать эту таблицу по одному из полей, в любом направлении.

Со стороны пользователя к базе приходит имя колонки и направление сортировки. Подставление их в запрос напрямую приведёт к инъекции. Рекомендуемое решение — белый список.

Суть метода заключается в том, что все возможные варианты выбора должны быть жёстко прописаны в коде, и в запрос должны попадать только они, на основании пользовательского ввода.

Список цитируемых источников

1. Бен-Ган, И. Microsoft SQL Server 2012. Основы T-SQL / И. Бен-Ган. — СПб. : БХВ-Петербург, 2015. — 400 с.
2. Шварц, Б. MySQL по максимуму / Б. Шварц, П. Зайцев, В. Ткаченко. — СПб. : Питер, 2018. — 864 с.
3. Тахагхоги, С. Руководство по MySQL / С. Тахагхоги, Х. Е. Вильямс. — СПб. : Рус. Ред., 2007. — 544 с.

СЕКЦИЯ 2

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

УДК 621.95.025

Д. С. Гайдай¹, Н. В. Чичкан², кандидат технических наук, доцент², Л. Л. Сотник²

¹Филиал закрытого акционерного общества «Атлант» — Барановичский станкостроительный завод, Барановичи

²Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА T-FLEX«АНАЛИЗ» ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛА ПРИ ВЕРШИНЕ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА НА ЕГО ПРОЧНОСТЬ

Введение. Проектирование технического объекта — создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта. Образ объекта или его составных частей может генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и электронно-вычислительных машин (ЭВМ). В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты, опытные образцы, промышленные изделия или процессы [1].

Проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ, называют автоматизированным проектированием, в отличие от ручного (без использования ЭВМ) или автоматического (без участия человека на промежуточных этапах). Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для сравнительно несложных объектов. Превалирующим в настоящее время является автоматизированное проектирование. Системы автоматизированного проектирования (САПР) применяются в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или системами *MCAD (Mechanical Computer-Aided Design)* [2].

Основная часть. Сверло — один из самых распространенных видов инструмента, служащий для образования отверстий в сплошном материале (сверления), а также для рассверливания предварительно подготовленного отверстия 4—5 классов точности и рассверливания конических углублений. Наиболее распространенными типами сверл являются: спиральные (винтовые), перовые, кольцевые, эжекторные, одностороннего резания, комбинированные. Типичным представителем этого вида инструмента является спиральное сверло [1, с. 199].

Спиральные, или, правильнее, винтовые, сверла были впервые показаны на Всемирной торговой выставке в 1867 году американской фирмой «Морзе». До настоящего времени основные особенности их конструкции сохранились практически неизменными. Из всех известных конструкций сверл спиральные сверла нашли наибольшее применение благодаря следующим достоинствам: 1) хорошему отводу стружки из обрабатываемого отверстия из-за наличия винтовых канавок; 2) положительным передним углам на большей длине главных режущих кромок; 3) большому запасу на переточку, которая производится по задним поверхностям и может выполняться вручную или на специальных заточных станках, в том числе станках-автоматах; 4) хорошему направлению сверла в отверстии из-за наличия калибрующих ленточек на наружной поверхности калибрующей части инструмента [3, с. 94].

Работа по изучению прочности спиральных сверл с учетом их геометрических характеристик была начата в начале XX века, но из-за отсутствия технических возможностей не смогла ответить в полном объеме на вопрос влияния угла при вершине спирального сверла на его прочность.

В современном мире инженерное программное обеспечение позволяет применять его при практических и виртуальных испытаниях. Подтверждение работоспособности или определенных эксплуатационных характеристик спиральных сверл проводится через создание опытных образцов или макетов с последующим испытанием в реальных условиях или приближенных к ним. Такие испытания являются длительными и затратными. На современном этапе созданы условия для виртуальных испытаний с применением современных систем инженерного анализа *CAE (Computer-Aided Engineering)*.

Использование *CAE* позволяет существенно сократить количество экспериментов, а самое главное, что оно дает широкую картину происходящих процессов, чем практический эксперимент, и, что не менее важно, — значительно ускоряет процесс исследования. Это позволит в процессе исследования спирального сверла выбрать оптимальные размеры и условия эксплуатации, экономя значительные средства и время.

Среди всех ныне существующих *CAE*-программ выбор остановлен на трех программных продуктах: *SOLIDWORKS*, *КОМПАС-3D*, *T-FLEX*. В результате сравнения этих трех продуктов было установлено, что исследовать поставленную задачу наиболее эффективно в *T-FLEX*, так как это профессиональная конструкторская система, объединяющая в себе мощные параметрические возможности *2D*-моделирования и *3D*-моделирования

со средствами создания и оформления чертежей и конструкторской документации, а также технические новшества и хорошую производительность в сочетании с удобным и понятным интерфейсом, что делают *T-FLEX* универсальным и эффективным средством 2D-моделирования и 3D-моделирования изделий.

Если быть более точным, то в системе *T-FLEXCAD* [2] было построена 3D-модель спирального сверла, а вот что касается самого изучения характеристик спирального сверла, то использовался другой интегрированный с *T-FLEX* программный продукт — среда конечно-элементных расчетов *T-FLEX* «Анализ» [4]. Используя *T-FLEX* «Анализ», пользователь системы *T-FLEX CAD* имеет возможность осуществлять математическое моделирование распространенных физических явлений и решать важные практические задачи, возникающие в повседневной практике проектирования.

Одной из наиболее трудоемких задач являлось преобразование конструкторской модели в расчетную. Ситуация осложнялась тем, что проверка модели часто приводит к доработкам конструкции, а это, в свою очередь, к повторному созданию расчетной модели. Оптимальным выходом из этой ситуации являлось ассоциативное перестроение конструкторских и расчетных моделей. Интегрированный программный продукт *T-FLEX* «Анализ» в полной мере поддерживает такую ассоциативность. Для ее использования было достаточно лишь один раз создать расчетную модель на основе конструкторской модели, т. е. упростить геометрию, сгенерировав конечно-элементную сетку (рисунок 1). При последующих перестроениях конструкторской модели спирального сверла уже не потребуется перестраивать расчетную модель, а в случае необходимости задать другое значение угла при вершине спирального сверла.

После создания конечно-элементной сетки определялся материал, из которого необходимо изготовить сверло. Для модели спирального сверла из базы материалов, имеющихся в *T-FLEX* «Анализ», был выбран материал «Сталь инструментальная быстрорежущая Р6М5К5 ГОСТ 19265-73».

Для успешного решения физической задачи в конечно-элементной постановке помимо создания конечно-элементной сетки и выбора материала спирального сверла необходимо было также определить так называемые граничные условия, которыми являлись места закрепления и базировки, а также внешние нагрузки, приложенные к спиральному сверлу. На рисунке 2 приведена схема спирального сверла с указанием мест закрепления и базировки, а также действие внешних нагрузок.

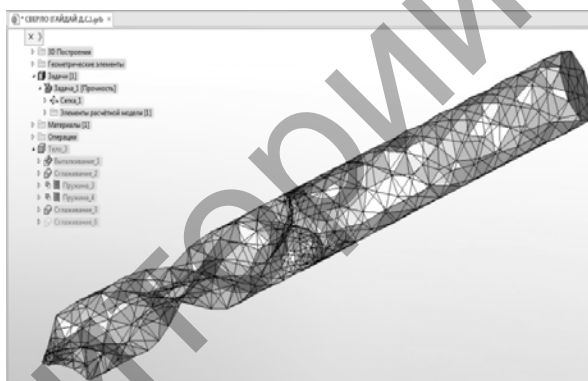


Рисунок 1 — Конечно-элементная сетка на спиральном сверле

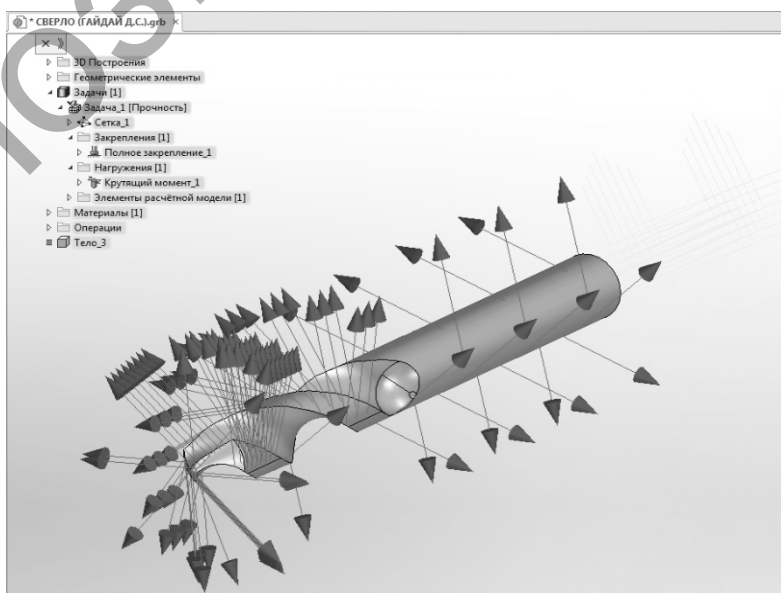


Рисунок 2 — Спиральное сверло с указанием мест закрепления и действующих нагрузок

Задача 1 [Прочность]
K-т запаса по эквивалентным напряжениям
Предельно допустимое напряжение: 850 МПа
Масштаб перемещений: 14.00

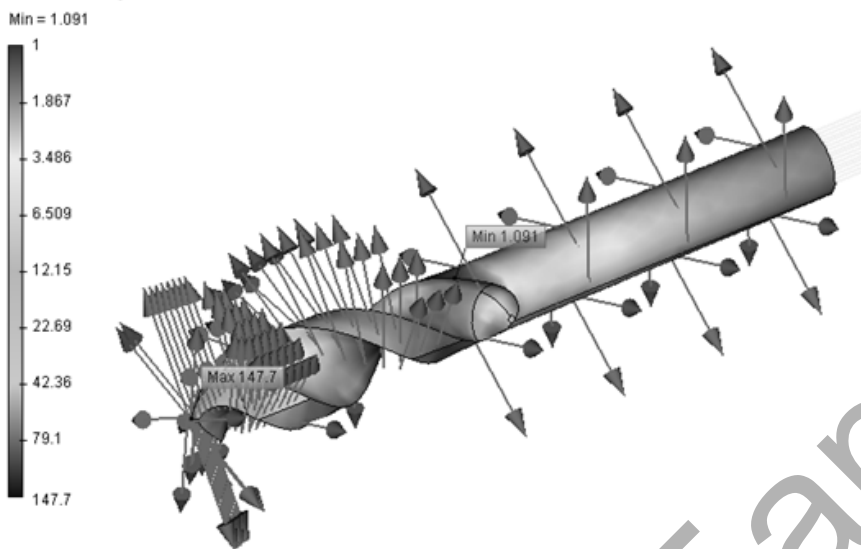


Рисунок 3 — Статический анализ спирального сверла

Исследование производили на построенной 3D-модели спирального сверла с углом при его вершине, равном 90° . На основании вышеуказанных условий был инициализирован расчет напряженно-деформированного состояния спирального сверла под действием приложенных к нему постоянных во времени нагрузок. По результатам расчета произведен статический анализ спирального сверла (рисунок 3). Представленные направления действия сил на спиральном сверле с распределением цветовой гаммы коэффициентов запаса прочности по исследуемому объекту и сравнению их с критическим позволило проанализировать прочность спирального сверла. Получено значение коэффициента запаса прочности спирального сверла, от которого зависит, выдержит ли оно приложенную к нему нагрузку или сломается под ее воздействием. Результат исследования: коэффициент запаса прочности для спирального сверла с углом 90° при вершине равен 1,091.

Проанализировав полученное значение коэффициента запаса прочности, пришли к выводу, что спиральное сверло с углом 90° при вершине выдержит приложенную к нему нагрузку, так как коэффициент запаса прочности у него больше единицы ($1,091 > 1$).

Заключение. Модели, изготовленные в программных пакетах *MCAD (SOLIDWORKS, КОМПАС-3D, T-FLEX)*, позволяют не только видеть, как будет выглядеть проектируемое изделие, но и вовлечь эти модели далее в исследование, позволяя произвести параметрическое моделирование и математически точные описания кривых и поверхностей.

На основании построений получена 3D-модель спирального сверла с углом 90° при вершине в *T-FLEX CAD*, а в среде конечно-элементных расчетов *T-FLEX «Анализ»* получено значение коэффициента запаса прочности.

Доказано, что при угле 90° при вершине спирального сверла коэффициент запаса прочности спирального сверла, равный 1,091, превышает допустимое значение, равное единице. Следовательно, спиральное сверло при таком угле при вершине выдержит прилагаемую к нему нагрузку, угол 90° может быть задан при создании спиральных сверл.

В дальнейшем при написании магистерской диссертации будут подробно рассмотрены и обобщены результаты теоретических и практических исследований на основе проведенных анализов для спиральных сверл с разными вариациями угла при вершине в *T-FLEX*.

Список цитируемых источников

1. Филлипов, Г. В. Режущий инструмент / Г. В. Филлипов. — Л. : Машиностроение, 1981. — 392 с.
2. T-FLEX CAD — система для конструкторской подготовки и 3D-моделирования. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/>. — Дата доступа: 15.10.2018.
3. Режущий инструмент : учеб. для высш. техн. учеб. заведений / Д. В. Кожевников [и др.]. — 2-е изд., доп. — М. : Машиностроение, 2005. — 528 с.
4. Расчетная программа T-FLEX «Анализ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://tflex.ru/products/raschet/analiz/>. — Дата доступа: 15.10.2018.

ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТОКАРНОЙ СИСТЕМЫ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Введение. Токарная система с числовым программным управлением (далее — ЧПУ) представляет собой полнофункциональный токарный станок, программируемый посредством программного обеспечения *Lab-Volt*. На токарном станке можно создавать детали с выступами, пазами и пустотами. Целью настоящей работы является использование компьютеризированного проектирования (*CAD*) и автоматизированной системы управления производством (*CAM*) для создания программы обработки детали, написания программы в коде G и M, а также получение этой детали на станке.

Основная часть. Станки с ЧПУ выполняют все те же функции, что и обычные станки с ручным управлением, однако перемещения исполнительных органов этих станков управляются электроникой. Основным преимуществом станков с ЧПУ является более высокий уровень автоматизации производства. Случаи вмешательства оператора станка в процесс изготовления детали минимальны. Станки с ЧПУ могут работать практически автономно, день за днем, неделю за неделей, выпуская продукцию с неизменно высоким качеством. При этом главной заботой станочника-оператора являются в основном подготовительно-заключительные операции: установка и снятие детали, наладка инструмента и т. д. В результате один такой работник может обслуживать одновременно несколько станков.

Вторым преимуществом является высокая производственная гибкость. Это значит, что для обработки разных деталей нужно всего лишь заменить программу обработки. А уже проверенная и отработанная программа может быть использована в любой момент и любое число раз.

Третьим плюсом являются высокая точность и повторяемость обработки. По одной и той же программе вы сможете изготовить с высоким качеством тысячи практически идентичных деталей. Ну и, наконец, ЧПУ позволяет обрабатывать такие детали, которые невозможно изготовить на обычном оборудовании. Это детали со сложной пространственной формой, например штампы и пресс-формы. Стоит отметить, что сама методика работы по программе позволяет более точно предсказывать время обработки некоторой партии деталей и, соответственно, более полно загружать оборудование [1].

Числовое программное управление — это автоматическое управление станком с помощью компьютера, который находится внутри станка, и программы обработки (управляющей программы). До изобретения ЧПУ управление станком осуществлялось вручную или механически.

Осевыми перемещениями станка с ЧПУ руководит компьютер, который читает управляющую программу и выдает команды соответствующим двигателям. Двигатели заставляют перемещаться исполнительные органы станка — рабочий стол или резцедержатель с инструментом. В результате производится механическая обработка детали. Датчики, установленные на направляющих, посылают информацию о фактической позиции исполнительного органа обратно в компьютер. Это называется обратной связью. Как только компьютер узнает о том, что исполнительный орган станка находится в требуемой позиции, он выполняет следующее перемещение. Такой процесс продолжается, пока чтение управляющей программы не подойдет к концу.

Система координат является основой при любом программировании: работа всех станков с ЧПУ тесно связана с системами координат. Оси координат у станков располагают обычно параллельно направляющим станка, что позволяет при программировании обработки указывать направления и величины перемещения рабочих органов. В качестве единой системы координат для всех станков с ЧПУ принята стандартная прямоугольная правая система, при которой оси X , Y , Z указывают положительные перемещения инструментов относительно подвижных частей станка [2]. Координата X измеряется в направлении поперечного суппорта, координата Z — в направлении продольного суппорта. Координатное перемещение в отрицательном направлении описывает движение системы инструмента к детали, задание положительного направления — от детали. В стандартной системе координат станка положительное направление осей координат определяется по «правилу правой руки»: большой палец указывает положительное направление оси абсцисс X , указательный — оси ординат Y , средний — оси аппликат Z . Начало системы координат с абсолютным программированием лежит в точке нуля станка — M — или, при использовании сдвига нуля, в точке нуля детали — W . Все заданные точки описываются относительно начала системы координат указанием соответствующих расстояний по осям X и Z [3].

Заготовка удерживается в трехкулачковом или четырехкулачковом патроне, спроектированном для захвата круглых, шестигранных или квадратных заготовок. Двигатель постоянного тока вращает шпиндель со скоростью до 2 800 оборотов в минуту. В токарном станке используется два шариковых винта, приводимых в движение шаговыми двигателями, для перемещения каретки суппорта и поперечных салазок по оси Z и оси X соответственно. Резец устанавливается в резцедержатель, закреплённый на поперечных салазках токарного станка. Перемещение резца по оси Z параллельно центральной оси шпинделя, а его перемещение по оси X перпендикулярно оси Z .

На первоначальном этапе в редакторе CAD/CAM создается чертеж $\frac{1}{2}$ поперечного сечения обрабатываемой детали (рисунок 1), который состоит из сложной фасонной поверхности.

Далее генерируется код обработки и запускается моделирование процесса обработки, чтобы убедиться, что все выполнено верно (рисунок 2).

Следующим этапом является установка полипропиленовой заготовки в трехкулачковый патрон станка, ее зажатие, выставление нулевой точки координат для режущего инструмента, загрузка кода обработки на станок и запуск обработки заготовки.

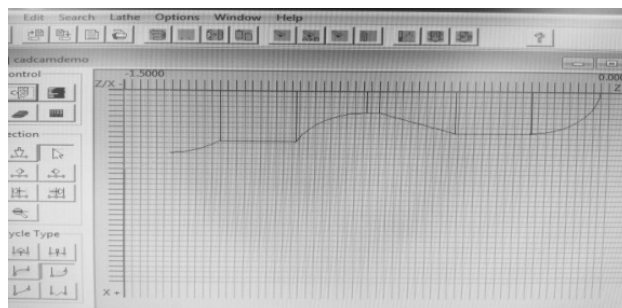


Рисунок 1 — Чертеж детали

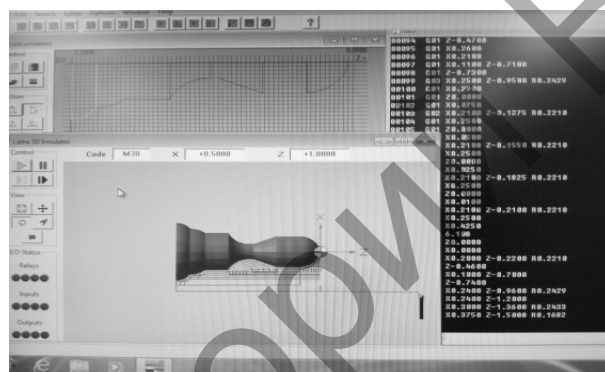


Рисунок 2 — Модель детали

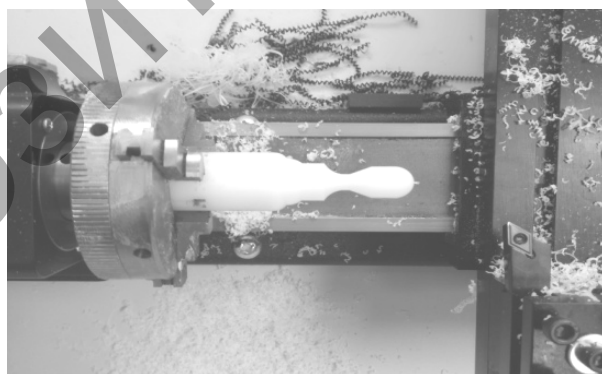


Рисунок 3 — Обработанная деталь

После обработки фасонных поверхностей детали (рисунок 3) производится смена режущего инструмента на отрезной резец и запускается программа отрезки детали.

Заключение. Наладка и настройка станков с ЧПУ занимают основное место в организации и технологической подготовке современного механосборочного производства. Выбор станков с ЧПУ, программирование на них обработки, их наладка на отработку программ и собственно отработка программ — основные направления деятельности как оператора станков с ЧПУ, так и технолога-машиностроителя на современном машиностроительном производстве. Владение навыками программирования и наладки станков с ЧПУ позволяет специалисту в короткие сроки в производственных условиях осуществить запуск технологического оборудования.

Список цитируемых источников

1. *Мирошин, Д. Г.* Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ : учеб. пособие / Д. Г. Мирошин, Т. В. Шестакова, О. В. Костина. — Екатеринбург : Изд-во РГГПУ, 2011. — 79 с.
2. *Должиков, В. П.* Основы программирования и наладки станков с ЧПУ : учеб. пособие / В. П. Должиков. — Изд. 2-е. — Томск : Том. политех. ун-т, 2011. — 143 с.
3. *Босинзон, М. А.* Современные системы ЧПУ, их эксплуатация : учеб. пособие / М. А. Босинзон. — М. : Академия, 2009. — 192 с.

УДК 621.91(075.8)

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

АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРОТЯЖНЫХ СТАНКОВ

Введение. Износостойкость — это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, которое оценивается величиной, обратной скорости изнашивания. Износостойкость зависит от состава и структуры обрабатываемого материала, исходной твердости, шероховатости и технологии обработки детали, состояния соприкасаемой детали.

Основная часть. Изготовленный из правильно подобранного инструментального материала режущий инструмент может иметь высокую или низкую стойкость, так как высокие режущие свойства инструмента обеспечивает не только материал, а также оптимальные геометрические размеры и оптимальная технология обработки инструмента (термическая обработка, шлифование, заточка и т. д.), но и условия эксплуатации инструмента. После правильно проведенной термической обработки режущая кромка инструмента приобретает необходимую, характерную для данного инструментального материала твердость и износостойкость [1; 2].

Существует ряд методов, позволяющих повысить стойкость режущей части инструмента путем проведения дополнительных операций.

К таким методам относятся: насыщение поверхностного слоя инструмента (цианирование, хромирование, сульфидирование); повышение стойкости путем улучшения структуры при термической обработке (обработка холодом, обработка паром); повышение качества поверхности инструмента (доводка, притирка).

Цианирование — химико-термический процесс, который заключается в насыщении поверхностного слоя стали углеродом и азотом путем диффузии при определенной температуре.

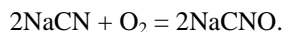
В зависимости от метода насыщения в промышленности различают цианирование в жидких средах, газовое цианирование и сухое цианирование с твердым карборизатором. В зависимости от температуры цианирование разделяется на высокотемпературное (в диапазоне 800...850 °С) и низкотемпературное (в диапазоне 550...560 °С) [3].

Для инструментов из быстрорежущей стали применяется только низкотемпературное цианирование полностью обработанных инструментов, так как если термически обработанный и заточенный инструмент подвергать цианированию при температурах выше обычных температур отпуска, будет понижена твердость, что приведет не к повышению стойкости, а к резкому ее снижению.

Широкое применение на заводах имеет жидкое цианирование инструмента из быстрорежущей стали при температуре 550...560 °С [3].

Процесс насыщения стали углеродом и азотом производится в ваннах (тиглях), наполненных расплавленной солью (обычно цианистый натрий NaCN).

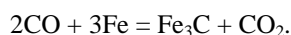
В процессе работы идут химические реакции окисления:



Далее образовавшийся цианид NaCNO реагирует с кислородом воздуха:



Оксид углерода реагирует с железом, входящим в состав быстрорежущей стали, образуя карбид железа:



Выделяющийся атомарный азот также реагирует с железом и легирующими элементами, образуя нитриды. Карбиды железа и нитриды повышают твердость до *HRC* 68...70 [5] и износостойкость поверхности режущей

части инструмента. Время выдержки в цианистых ваннах зависит от размера и конструкции инструмента и колеблется в пределах 5...30 мин.

Цианированный инструмент имеет повышенную стойкость. Повышение стойкости — результат как повышенной твердости поверхностного слоя, так и пониженного коэффициента трения при резании, что уменьшает износ и повышает красностойкость инструмента. Рекомендуется цианирование с глубиной слоя 0,01...0,03 мм [4], так как при больших слоях режущая кромка инструмента получается хрупкой. Жидкому низкотемпературному цианированию подвергают протяжки, сверла, резьбовой инструмент и некоторые другие виды инструмента из быстрорежущей стали.

Сульфидирование — процесс насыщения поверхностных слоев металла серой. Образовавшиеся на поверхности инструмента сернистые соединения снижают коэффициент трения и повышают износостойкость поверхности инструмента. Процесс производится при температуре 550...560 °С в ваннах следующего состава: 39 % хлористого кальция; 25 % хлористого бария и 17 % хлористого натрия с добавлением сернистых соединений: 13,7 % сернистого железа (в порошке); 3,4 % сернокислого калия и 3,4 % желтой кровяной соли. Выдержка от 40 до 90 мин. По данным некоторых исследований стойкость сульфидированного инструмента увеличивается в 1,5—2 раза.

Хромированию можно подвергать готовые инструменты из различных сталей — быстрорежущей, легированной или углеродистой. Применяется хромирование не только протяжек и долбяков, но и некоторых других инструментов. При изготовлении инструмента применяют главным образом электролитическое хромирование в гальванических ваннах с толщиной слоя до 0,025 мм.

Процесс обработки паром инструментов из быстрорежущей стали заключается в предварительной промывке инструмента при температуре около 70 °С следующим составом на литр раствора: 20...40 г соды горячей Na_2CO_3 , 20...40 г каустической соды NaOH и 20...40 г тринатрийфосфата Na_3PO_4 ; затем промытый горячей водой инструмент загружается в электропечь с герметическим затвором (можно использовать печи для отпуска инструмента). При температуре 340...380 °С инструмент выдерживается в течение 15...30 мин до полного прогрева; затем печь продувается водяным паром, и при 540...560 °С инструмент выдерживается в течение 30...40 мин; затем охлажденный до 50...70 °С инструмент опускают в подогретое минеральное масло. После обработки паром и погружения в масло на инструменте образуется тонкая (0,05 мм) пленка окислов, а так как процесс происходит при температуре дополнительного отпуска для быстрорежущей стали, то инструмент получает повышенную среднюю стойкость.

В процессе обработки паром не могут быть устранены последствия плохой термической обработки инструмента. Повышение стойкости в 2 раз и некоторая стабилизация показателей стойкости достигается путем улучшения условий отвода и уменьшения налипания стружки. Для повышения стойкости режущие кромки подвергают доводке.

Заточка и доводка режущих кромок, особенно алмазными кругами, позволяет повысить среднюю стойкость ряда инструментов, особенно чистовых, в 2...3 раза и более, так как улучшает качество поверхности инструмента, а следовательно, и условия работы режущей части инструмента.

Заключение. Повышение износостойкости режущего инструмента протяжных станков можно получить различными методами, описанными в основной части. Повышение стойкости в 2 раза и некоторая стабилизация показателей стойкости достигаются улучшением условий отвода и уменьшения налипания стружки. Для повышения стойкости режущие кромки необходимо доводить.

Список цитируемых источников

1. *Лахтин, Ю. М.* Основы металловедения / Ю. М. Лахтин. — М. : Металлургия, 1988. — 320 с.
2. *Бернштейн, М. Л.* Металловедение и термическая обработка стали / М. Л. Бернштейн. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Металлургия, 1991. — 472 с.
3. *Лившиц, Б. Г.* Металловедение и термическая обработка / Б. Г. Лившиц. — М. : Металлургия, 1989. — 228 с.
4. *Солнцев, Ю. П.* Металловедение и технология металлов / Ю. П. Солнцев. — М. : Металлургия, 1988. — 512 с.
5. *Белый, А. В.* Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев / А. В. Белый, Г. Д. Карпенко, К. Н. Мышкин. — М. : Машиностроение, 1991. — 208 с.

А. Н. Жигалов¹, кандидат технических наук, доцент, Д. Д. Богдан²
^{1,2} Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи
² Открытое акционерное общество «ЛМЗ Универсал», Солигорск

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗУБКОВ Д6-22М, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДОМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ, В ШАХТНЫХ УСЛОВИЯХ НА ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

Введение. Шахтные испытания резцов являются важным и необходимым этапом внедрения новой и модернизированной продукции. В данном случае целью испытаний являлось получение данных по эффективности промышленного применения упрочненных зубков в условиях ОАО «Беларуськалий».

Основная часть. Объектом данных испытаний являлись резцы Д6-22М (рисунок 1), изготовленные на ОАО «ЛМЗ Универсал» и прошедшие аэродинамическое звуковое упрочнение (далее — АДУ) [1].



Рисунок 1 — Внешний вид резцов Д6-22М

Резцы Д6-22М предназначены для установки на очистные комбайны, работающие по пластам калийных руд и каменной соли с сопротивлением резанию 380...450 Н/мм. Эффект при упрочнении методом АДУ достигается за счет воздействия звуковых волн на структуру твердых сплавов. В обработанных твердых сплавах происходит измельчение карбидных фаз и их перераспределение, уменьшение дислокаций внутренней структуры. За счет самоорганизации на уровне кристаллической решетки обеспечивается переход от беспорядочного движения флуктуаций и их хаотического состояния к новому порядку, позволяющему улучшать параметры структуры для заданных условий эксплуатации [2].

Основные параметры и характеристики резцов Д6-22М приведены в таблице 1.

Для испытаний было подготовлено 250 резцов Д6-22М, которые прошли упрочнение методом АДУ. Предоставленные для испытания резцы были установлены на исполнительные органы (наружный и внутренний роторы, забурник, бермовые фрезы и отрезные коронки) комбайна ПКС-8М. Установка резцов другого типа взамен потерянных или вышедших из строя резцов во время испытаний не допускалась. Контроль за проведением испытаний и применением испытываемых резцов по назначению осуществляла комиссия в составе четырех человек, утвержденная главным инженером ОАО «Беларуськалий».

Т а б л и ц а 1 — Основные технические характеристики и размеры резцов Д6-22М

Наименование основных параметров	Значение
Длина резца, мм	105
Диаметр режущей вставки, мм	16
Радиус при вершине твердого сплава, мм	R 1.0
Угол заострения, °	60
Посадочный диаметр державки, мм	25, конусность хвостовика 1 : 10
Материал державки	35ХГСА
Материал режущей вставки	ВК8-В
Масса резца, кг	0,43
Масса режущей вставки, г	39

Испытания резцов выполнялись персоналом проходческого комплекса в период с 22.05.2018 по 27.05.2018 и с 06.06.2018 по 14.06.2018 с перерывом на остановочный ремонт при авторском надзоре представителей ОАО «ЛМЗ Универсал». Продолжительность испытаний изначально не была установлена и определена с даты установки испытываемых резцов до момента замены изношенных резцов на новые. Условием замены резцов осуществлялась потеря режущей способности резца, а также в результате изгиба или поломки державки. Замена затупленных резцов осуществлялась обслуживающим персоналом по их усмотрению, без вмешательства членов комиссии.

Все отработанные резцы из опытной партии складировались в отдельную тару для последующего осмотра и выявления причин выхода из строя. Все причины отказов резцов (поломка корпуса резца, изгиб корпуса резца, поломка твердого сплава, отрыв твердого сплава, затупление, утеря резца, другие причины) фиксировались в журнале наблюдений обслуживающим персоналом. Данные об объеме руды, добытой комбайном во время проведения испытаний, фиксировались участковым маркшейдером.

За 14 рабочих дней испытаний при проходке различных выработок лавы № 58 (верх) пятой юго-восточной панели (горизонт — 445 м) отбито 9 379 т руды.

При разбраковке отработанных резцов установлено, что резцов с двухсторонним износом — 64 шт.; с односторонним износом — 53 шт.; выкрашивание твердого сплава и скол по всему сечению наблюдались на двух резцах. Всего израсходовано 142 резца, которые выработали свой ресурс.

Основной характеристикой комбайна с новыми резцами Д6-22М является производительность комбайна, его общая работоспособность.

По проведенным наблюдениям отмечено, что снижения производительности и общей работоспособности комбайна за время испытаний не наблюдалось при различных режимах токовой нагрузки. Важно отметить, что при любых скоростях подачи и степени затупления резцов комбайн управлялся легко. Подача на забой производилась плавно, без вибраций и бросков. Упрочненные методом АДУ резцы показали высокую стойкость к разрушению режущей кромки твердого сплава, так как более 90 % всего количества отработанных резцов имели только следы абразивного затупления режущей кромки с одной или с двух сторон, без признаков выкрашивания и мелких сколов твердого сплава.

Заключение. На основании проведенных шахтных испытаний установлено, что упрочненные методом АДУ резцы Д6-22М соответствуют основным требованиям эксплуатации на комбайнах типа ПКС по скорости подачи, управляемости комбайна, по высокой стойкости резцов к разрушению твердого сплава. Получен от ОАО «Беларуськалий» акт шахтных испытаний комбайновых резцов Д6-22М в условиях ОАО «Беларуськалий», на основании которого резцы Д6-22М, упрочненные методом АДУ, рекомендованы к промышленному применению на ОАО «Беларуськалий». Однако для установления удельных норм расхода зубков и сравнения с уже принятыми на ОАО «Беларуськалий» нормами необходимы дальнейшие испытания в более полном объеме.

Список цитируемых источников

1. Способ аэродинамического упрочнения изделий : пат. ВУ 21049 / А. Н. Жигалов, Г. Ф. Шатуров, В. М. Головков ; дата публ.: 30.06.2017.
2. Жигалов, А. Н. Влияние износа твердых сплавов, упрочненных аэродинамическим воздействием, на шероховатость обработанной поверхности при фрезерно-карусельном резании / А. Н. Жигалов // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. — 2017. — № 3 (56). — С. 5—15.
3. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В. Я. Прушак [и др.] ; под ред. В. Я. Прушака. — Минск : Тэхналогія, 2010. — 175 с.
4. Жигалов, А. Н. Актуальность применения аэродинамического звукового упрочнения для повышения ресурсной стойкости твердосплавных зубков / А. Н. Жигалов, Д. Д. Богдан // Содружество наук. Барановичи-2018 : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., 15 мая 2018 г. ; БарГУ. — Барановичи : БарГУ, 2018. — С. 36—38.

УДК 621.785.532.062.57

Д. С. Копейко¹, М. В. Нерода, кандидат технических наук, доцент²

¹Общество с ограниченной ответственностью «Годзон», Барановичи

²Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест

УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА АЗОТИРОВАНИЕМ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

Введение. Эффективным способом повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента является азотирование — процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя сталей и сплавов азотом при нагревании в азотосодержащей среде. Перспективным методом азотирования является азотирование в тлеющем разряде, или ионно-плазменное азотирование (далее — ИПА) [1—2].

Данный процесс является высокопроизводительным, материалосберегающим, экологически чистым, что отвечает современным требованиям.

Принцип действия ИПА заключается в том, что в разряженной азотсодержащей газовой среде (150...1 000 Па) между катодом и анодом возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы). На катоде располагаются обрабатываемые детали. В качестве анода служат стенки вакуумной камеры [3]. Процесс обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя, состоящего из двух зон: внешней (нитридной) и располагающейся под ней диффузионной.

Проблема упрочнения режущего инструмента и деталей широко известна на любом машиностроительном предприятии. Применение ИПА имеет свои особенности по сравнению с традиционными способами термообра-

ботки. Главная особенность ИПА заключается в том, что все процессы происходят вблизи поверхности, что вносит свою специфику в свойства поверхностного слоя инструмента, а также изменения в его химический состав.

С помощью ИПА можно добиться создания поверхностного слоя с высокой твердостью, износостойкостью, повышенной усталостной прочностью и высоким сопротивлением коррозии.

Азотированные детали имеют в 1,4...4 раза большую износостойкость по сравнению с закаленными, цементованными и нитроцементованными сталями.

Основная часть. Целью данной работы является изучение влияния ИПА на металлообрабатывающее сверло. Для этих целей были выбраны два сверла, изготовленные из материала *HSS* (аналог P6M5) с цилиндрическим хвостовиком, производства компании *BOSH* (рисунок 1).



Рисунок 1 — Сверло HSS с цилиндрическим хвостовиком

Параметры сверла представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Параметры экспериментального сверла

Материал изготовления	Диаметр, мм	Угол заточки при вершине, °	Рабочая длина, мм	Общая длина, мм
Быстрорежущая сталь P6M5	14	118	108	160

Задача заключалась в том, чтобы проазотировать одно из сверл методом ИПА, а затем сравнить с аналогичным неазотированным образцом. При этом особое внимание следовало уделить тому, как изменились эксплуатационные характеристики.

На рисунке 2 показана режущая кромка сверла до азотирования. Как можно видеть из рисунка 2, наблюдаются микросколы, которые не окажут существенного влияния на качество поверхности.

После азотирования сверла на его поверхности сформировался упрочненный слой глубиной 20...40 мкм. Твердость его составила 63...65 HRC.

В результате проведенных испытаний азотированного образца было установлено, что азотированная поверхность инструмента стала обладать улучшенными антифрикционными свойствами, отвод стружки стал более легким, сократилось образование лунок износа. Все вышеперечисленное позволяет увеличить подачу и скорость резания.

Следует отметить, что ленточная часть сверла полностью проазотирована. Так как данная часть сверла работает в условиях повышенной нагрузки, то к ней предъявляются особые требования, поэтому здесь следует отметить и некоторый отрицательный эффект применения метода ИПА для азотирования сверла. Он заключается в том, что повышение прочности и твердости ведет за собой повышение хрупкости, а это при обработке металла влечет сколы на ленточке и главной режущей кромке сверла (рисунок 3). Это объясняется свойствами азотированной быстрорежущей стали. Однако данный эффект можно считать единственным недостатком, так как повышение хрупкости не выходит за пределы допустимых.

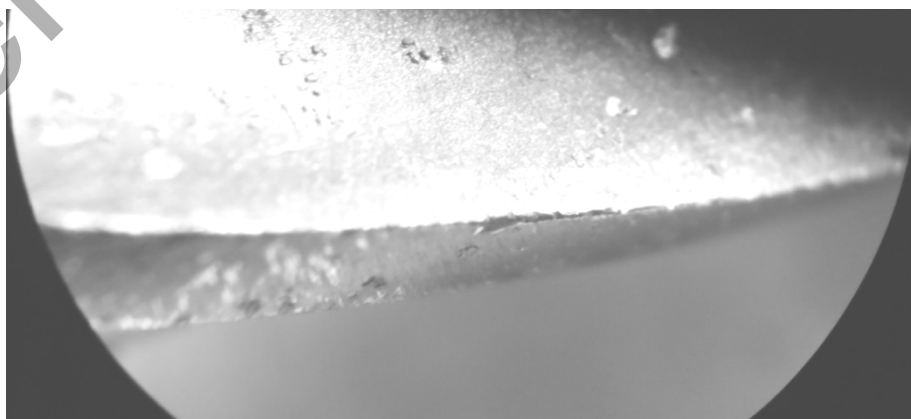


Рисунок 2 — Режущая кромка сверла до азотирования



Рисунок 3 — Сколы на главной режущей кромке

Заключение. В результате испытаний было доказана эффективность метода ИПА. Установлено, что при азотировании повышается износостойкость, усталостная прочность, антикоррозионная устойчивость рабочих поверхностей. Таким образом, применение ИПА для упрочнения режущего инструмента является эффективным и экономически выгодным.

Список цитируемых источников

1. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б. Н. Арзамасов [и др.]. — М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. — 400 с.
2. Теория и технология азотирования / Ю. М. Лахтин [и др.]. — М. : Metallurgia, 1991. — 320 с.
3. Табаков, В. П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента / В. П. Табаков. — М. : Машиностроение, 2008. — 311 с.

УДК 621.797

Л. Н. Косяк¹, В. И. Яшкин², кандидат физико-математических наук, доцент, Д. В. Пяткин¹

¹Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Новополоцк,

²Белорусский государственный университет, Минск

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

Введение. Построение жесткой строго регламентированной технологии в условиях ремонтного производства не представляется возможным ввиду большой номенклатуры ремонтируемых изделий и способов его проведения.

Задачи технического обслуживания оборудования могут быть поставлены как детерминированные либо стохастические и включают решение следующих вопросов: контроль за возможными состояниями оборудования; замена; профилактический осмотр; текущий ремонт и восстановление, а также организация служб технического контроля.

Основная часть. Моделирование систем основывается на концептуальных положениях общей теории систем.

Ремонт представляется как организация сложных систем, исследование связей между организацией и свойствами внутри системы, совокупности взаимосвязанных элементов, предназначенная для достижения цели — восстановления работоспособности.

Методика принятия решений на основе математического моделирования состоит в реализации этапов построения математической модели задач, принятия решений, формулировки принципа оптимальности, нахождения оптимального решения и анализа полученных результатов.

По мере уточнения характеристик системы составляющие могут менять свою структуру.

Системный элемент обладает вполне определенной логикой, т. е. алгоритмом выполнения заданной функции.

По своей сути модель функционирования элемента предписывает набор действий элемента для реализации его цели. Конкретизация действий в зависимости от конкретных условий происходит в соответствии с контекстом системного элемента.

Модель функционирования в общем случае не регламентирует способы и средства реализации системного элемента.

Связи характеризуют степень свободы элементов системы, т. е. служат для описания статического и динамического состояний системы.

Используя системный подход, который служит методом комплексного моделирования сложных систем, определяем, какова будет структура искомой системы, в каких отношениях и связях будут находиться ее элементы, функциональные свойства элементов и системы в целом, характер взаимодействия системы с другими системами и внешней средой.

Отношения характеризуют связи между компонентами системы и их свойствами, с помощью которых происходит объединение отдельных элементов в систему. При этом каждый компонент тоже можно рассматривать как сложный объект, состоящий из более простых элементов.

При системном подходе процесс построения системы разделяют на следующие этапы: 1) описание на словесном уровне объекта исследований, целей, критериев исследования и получения результатов; 2) разработка концептуального представления системы или процесса; 3) постановка проблем, декомпозиция на задачи, формализация технологии; 4) анализ и выбор методов получения решений; 5) оптимизация решений; 6) реализация системы и решение задач; 7) сопровождение, анализ и модернизация [1].

Сложные системы трудно поддаются прямым способам моделирования, поэтому применяем к ним имитационное моделирование, которое строится на эвристических принципах.

Предложенные Дж. Клиром единые методы [2], основанные на обработке эмпирических данных, на практике имеют свои ограничения — увеличение числа параметров системы приводит к высокой вычислительной сложности. Для уменьшения вычислительной сложности и возможности применения методов структурирования систем при решении системных задач (в процессе принятия оптимальных решений) необходима разработка модифицированных процедур поиска решеток уточнения, отбора реконструктивных гипотез с учетом наложений ограничений.

В результате структурирования систем и реконструктивного анализа получаем возможность произвести оптимальную декомпозицию системы, определить глубинные связи между элементами системы, а значит, состоянием переменных для желаемого развития системы.

При принятии решения основной задачей является нахождение оптимального решения. На содержательном уровне оптимальное решение может быть определено как наилучшее в следующем смысле: оно в наибольшей степени соответствует цели управляющей подсистемы в рамках имеющейся у нее информации о состоянии среды.

Наличие в сложной многоуровневой иерархической системе управления одновременно различных видов неопределенности делает необходимым использование для принятия решений теории нечетких множеств, которая позволяет адекватно учесть имеющиеся виды неопределенности.

Реальные задачи содержат в себе нечеткие условия и четкие цели в связи с тем, что их постановку осуществляет человек; если искусственное введение четких ограничений при рассмотрении одноуровневых одноцелевых систем позволяет получать модели, в которых необходимо рассматривать работу любой подсистемы с точки зрения ее связей с подсистемами на всех уровнях взаимодействия [3].

Учет фактора неопределенности при решении задач во многом изменяет методы принятия решения: меняется принцип представления исходных данных и параметров модели, становятся неоднозначными понятия решения задачи и оптимальности решения.

На практике всегда имеется возможность наряду с точечной оценкой параметра указать минимальное и максимальное значения, которые может принимать нечеткая величина.

Получение во всех этих моделях решений в нечеткой форме позволяет довести до сведения специалиста, принимающего решение, что если он согласен или вынужден довольствоваться нечеткой формулировкой проблемы и нечеткими сведениями о модели, то он должен быть удовлетворен и нечетким решением задачи.

При постановке задач используем коэффициент весомости показателей качества ремонта.

Когда составлен список технических показателей качества ремонта и построено дерево общих свойств, выполняем группировку показателей. Пользуясь деревом общих свойств, объединяем частные показатели в группы. Каждой группе присваивают свое индивидуальное название, например, «функциональные показатели», «технические показатели» и т. д.

Каждый частный показатель имеет различную значимость весомости для комплексного показателя при существовании большого количество методов назначения или расчета коэффициентов весомости, используем, как правило, дифференциальный метод оценки уровня качества

Алгоритм оценивания представляет собой последовательное сравнение показателей качества восстановленной детали с соответствующими показателями качества базового образца — новой детали.

Заключение. Использование системного подхода в ремонтном производстве и разработка моделей процесса принятия решений в практическом применении позволяет найти оптимальность с учетом средств и возможностей в достижении поставленной цели; коррекция входных данных с учетом возникающих отклонений и определение их величины в восстановленной с учетом коэффициентов весомости.

Список цитируемых источников

1. *Перегудов, Ф. И.* Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. — М. : Высш. шк., 1989. — 367 с.
2. *Клир, Дж.* Системология. Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир. — М. : Радио и связь, 1990. — 544 с.
3. *Моисеев, Н. Н.* Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. — М. : Наука, 1981. — 488 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОРМЫ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Введение. Режущий инструмент играет важнейшую роль в процессах обработки материалов резанием и определяет в целом работоспособность технологической системы резания. В первую очередь это касается механической обработки с повышенными тепловыми и силовыми нагрузками на режущий инструмент — в условиях высокоскоростного резания, при обработке легированных конструкционных, закаленных, коррозионностойких, жаропрочных сталей и сплавов, композиционных материалов. Для обработки таких материалов применяют сменные неперетачиваемые твердосплавные пластинки без покрытий и с покрытиями карбида и нитрида титана, которые отличаются повышенной износостойкостью и теплостойкостью [1].

Основная часть. Для проведения исследований был выбран вал $\varnothing 40$ мм, изготовленный из конструкционной легированной стали 40X. Из стали 40X изготавливают детали повышенной прочности: оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели и др.

Повышенное содержание такого легирующего элемента, как хром (таблица 1), увеличивает прочность стали и ухудшает теплопроводность, что ведет к ухудшению ее обрабатываемости. Сталь 40X относится к первой группе мартенситного класса с повышенной ударной вязкостью $KCU = 54$ кДж/мм² (таблица 2), поэтому процесс обработки проходит в условиях переменного резания. Для этого необходимо найти оптимальный вариант обработки этого материала, т. е. подобрать оптимальные режимы резания, выбрать режущий инструмент, инструментальный материал и геометрию режущей части.

Т а б л и ц а 1 — Химический состав стали 40X по ГОСТ 4543-71, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	до 0,3	до 0,35	до 0,35	0,8...1,1	до 0,3

Т а б л и ц а 2 — Механические свойства стали 40X по ГОСТ 4543-71

$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , МПа	Ψ , %	KCU , кДж/мм ²	Термообработка
350	600	16	40	54	Нормализация 840...860 °C

Для повышения обрабатываемости исследовались закономерности процесса резания, износа и стойкости режущего инструмента на примере неперетачиваемых многогранных твердосплавных пластин.

Обработка выполнялась при постоянном и переменном резании на токарно-винторезном станке модели 16K20. Режим резания проводился в широком диапазоне: $v = 100...250$ м/мин при подачах $S_0 = 0,09; 0,1; 0,125; 0,15, 0,2$ мм/об и глубине резания $t = 0,5...3$ мм.

В качестве режущего инструмента были выбраны три проходных токарных резца с сечением державки 25×25 мм с неперетачиваемыми сменными трехгранными пластинами из металлокерамических твердых сплавов ГОСТ 19046-80 марок T15K6, BK8 и T40 без покрытий, марок T15K6, BK8 с покрытием нитрида титана TiN методом физического осаждения (PVD) и марки T40 с покрытием нитрида титана методом импульсного электронно-пучкового облучения.

За критерий затупления резцов принималась максимальная величина фаски по главной задней поверхности $h_3 = 0,5$ мм для чистовой обработки и $h_3 = 1$ мм — для черновой операции.

При обтачивании наружной поверхности вала в первые минуты на пластинах из твердого сплава без покрытий наблюдались:

1) повышенный износ по задней поверхности пластины, выкрашивание мелких частиц на главной режущей кромке, увеличение шероховатости обработанной поверхности в результате деформации режущей кромки пластинки и образования постоянно сходящего нароста. В ходе наблюдений установлено, что данная марка твердого сплава BK8 является хрупкой для обработки этого материала и не обеспечивает достаточной жесткости;

2) лункообразование на передней поверхности пластины T15K6. Причиной является диффузный износ в результате высокой температуры в зоне резания;

3) мелкие трещины, перпендикулярные главной режущей кромке материала Т40, которые вызваны колебанием температур в результате прерывистого резания и неравномерности припуска.

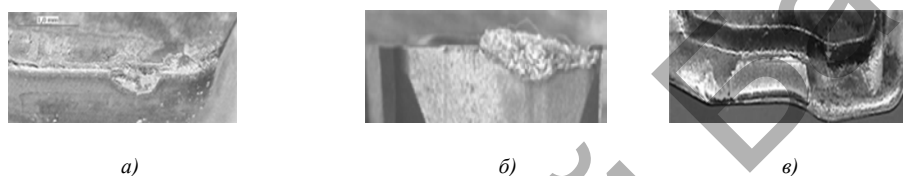
При этом резцы, не имеющие покрытий, подвергались активному абразивно-механическому изнашиванию (рисунок 1) в условиях адгезионного взаимодействия инструментального материала со стружкой.

При продолжении обработки резцами с покрытиями нитрида титана было установлено, что практически все твердосплавные пластины в условиях ударно-прерывистого резания подвергались в начальном периоде работы хрупкому разрушению в виде сколов от 0,1 до 0,5 мм и выкрашивания в пределах режущего клина.

Сколообразование представляет собой процесс хрупкого отделения фрагментов твердого сплава по передней поверхности вдоль режущего лезвия в виде тонкой пластины с образованием острых краев.

При дальнейшей работе инструмента кромки скола, расположенные вдоль главной задней поверхности, выполняют функции режущего лезвия, лунка притирается сходящей стружкой, формируется площадка износа. Процесс продолжается до тех пор, пока не образуется благоприятная для резания форма лунки. Для исключения хрупкого разрушения, сколов, выкрашивания режущих кромок дальнейшую обработку производили пластинами твердого сплава с покрытиями TiN (рисунок 2) с радиусом округления $r = 0,5 \dots 0,8$ мм режущих лезвий и упрочняющей фаской $1 \times 45^\circ$, расположенной по периметру режущих кромок. Размеры радиусов округления пластин и фасок зависят от размеров пластин.

Радиус округления вершины резца и фаску на режущих кромках необходимо выполнять в конце обработки пластин, так как при нанесении покрытия TiN они исчезают под его слоем.



а) — выкрашивание; б) — наростообразование; в) — лункообразование

Рисунок 1 — Основные виды износа твердосплавных пластин [2]

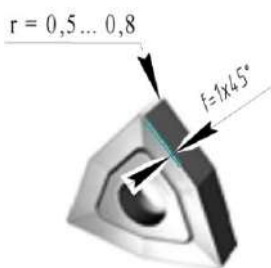


Рисунок 2 — Конструкция трехгранной твердосплавной перетачиваемой пластины с покрытиями TiN

В результате исследований установлено, что применение износостойких покрытий TiN приводит к уменьшению ширины площадки контакта до двух раз, уменьшая при этом площадь контакта стружки с передней поверхностью и снижая коэффициент трения, что, в свою очередь приводит к уменьшению коэффициента усадки стружки.

Закключение. Экспериментально доказано, что использование сменных твердосплавных пластин в условиях точения конструкционных легированных сталей увеличивает их период стойкости за счет нанесения износостойких покрытий.

Фаски на главных режущих кромках и радиус округления вершин многогранных пластин уменьшили сколообразование в результате удара при заходе на заготовку режущего инструмента, что получило экспериментальное подтверждение на примере трехгранных пластин.

По результатам исследований видно, что при точении конструкционной легированной стали 40X на одинаковых режимах резания резцами, оснащенными сменными усовершенствованными пластинами с покрытием, стойкостные характеристики режущего инструмента повышаются до двух раз по сравнению со стойкостью резцов, не имеющих покрытий.

Исследования показали, что пластины из твердого сплава Т40 обладают повышенными режущими характеристиками по сравнению с пластинами из материалов ВК8 и Т15К6. Покрытия на пластины материалов ВК8 и Т15К6 нанесены методом физического осаждения (PVD), а на пластины Т40 — методом импульсного электронно-пучкового облучения, в результате чего увеличилась теплостойкость и износостойкость пластины.

Список цитируемых источников

1. Табаков, В. П. Применение многослойных покрытий для повышения работоспособности режущего инструмента / В. П. Табаков, А. В. Циркин // СТИН. — 2005. — № 1. — С. 37
2. Характерные виды износа пластин [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.kzts.ru/articles/8> . — Дата доступа: 01.10.2018.

Н. Н. Попок, доктор технических наук, профессор, С. А. Портянко
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАСТОЧНОГО ПАТРОНА НА ОСНОВЕ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

Введение. В настоящее время геометрическое 3D-моделирование входящих в конструкцию деталей занимает основополагающее место в процессе проектирования. Однако процесс создания объемной модели детали зачастую становится чрезвычайно трудоемким. Поэтому ставится задача свести затраты времени и расходных материалов на создание модели к минимуму. В особенности это целесообразно в случае проектирования типовых деталей и узлов, когда формирование трехмерных моделей сводится к многократному повторению определенной последовательности действий. Расточной инструмент, включающий однотипные детали и узлы механизмов закрепления и перемещения, — достойный пример такого применения [1].

Использование параметрических 3D-моделей деталей конструкции расточного инструмента является существенным резервом повышения эффективности проектирования в среде CAD-системы [2].

Параметрическое моделирование имеет ряд преимуществ и заключается в обеспечении следующих возможностей: снижении трудоемкости объемного и плоского геометрического моделирования деталей и элементов сборочной единицы; реализации задачи перерасчета геометрических параметров детали с учетом специфики ее изготовления на станке с ЧПУ; сквозного параметрического технологического проектирования, когда операции технологического процесса привязаны к параметрической модели.

Система поддержки принятия решений для разработки модели расточного патрона представляет собой интерактивное виртуальное руководство, включающее: 2D- и 3D-модели деталей и сборочных единиц; пооперационную технологию разборки и сборки с текстовым описанием технологических операций; виртуальные и анимационные модели разборки и сборки изделий [3].

Как известно, существует несколько методов 3D-печати, однако все они являются производными аддитивной технологии получения изделий. Вне зависимости от 3D-принтера построение изделия осуществляется путем последовательного добавления материала. Несмотря на то, что термин *Additive Manufacturing* используется отечественными инженерами очень редко, технологии послойного синтеза фактически заполнили современную промышленность.

Основная часть. Цикл проектирования расточного патрона начинается с обработки трехмерной цифровой модели. Модель в формате *STL* делится на слои и ориентируется наиболее подходящим образом для печати. При необходимости генерируются поддерживающие структуры, необходимые для печати «нависающих» элементов. Некоторые устройства позволяют использовать разные материалы во время одного цикла проектирования. Например, возможна печать модели из одного материала с печатью опор из другого легкорастворимого материала, что позволяет с легкостью удалять поддерживающие структуры после завершения процесса печати. Альтернативно возможна печать разными цветами одного и того же вида пластика при создании единой модели.

Модель расточного патрона производится выдавливанием («экструзией») и нанесением «микрокапель» расплавленного термопластика с формированием последовательных слоев, застывающих сразу после экструдирования.

Последовательность (этапы) реализации аддитивной технологии (моделирования) с помощью CAD-систем и 3D-принтера основана на принципе моделирования методом послойного наплавления (англ. *Fused Deposition Modeling (FDM)*).

1. Проектируются 3D-модели элементов, входящих в состав расточного патрона, в любой подходящей CAD-системе, например КОМПАС-3D (на рисунке 1 представлены наиболее сложные детали расточного патрона).

2. Далее все необходимые файлы сохраняются в формате *STL* для дальнейшего использования в программе, при помощи которой 3D-модель компилируется в G-код.

3. Добавляются файлы в программу *Repetier-Host*, модель ориентируется на поверхности стола принтера, масштабируется для учета усадки материала (для ABS-пластика процент усадки составляет от 0,5 до 1,5 ед.).

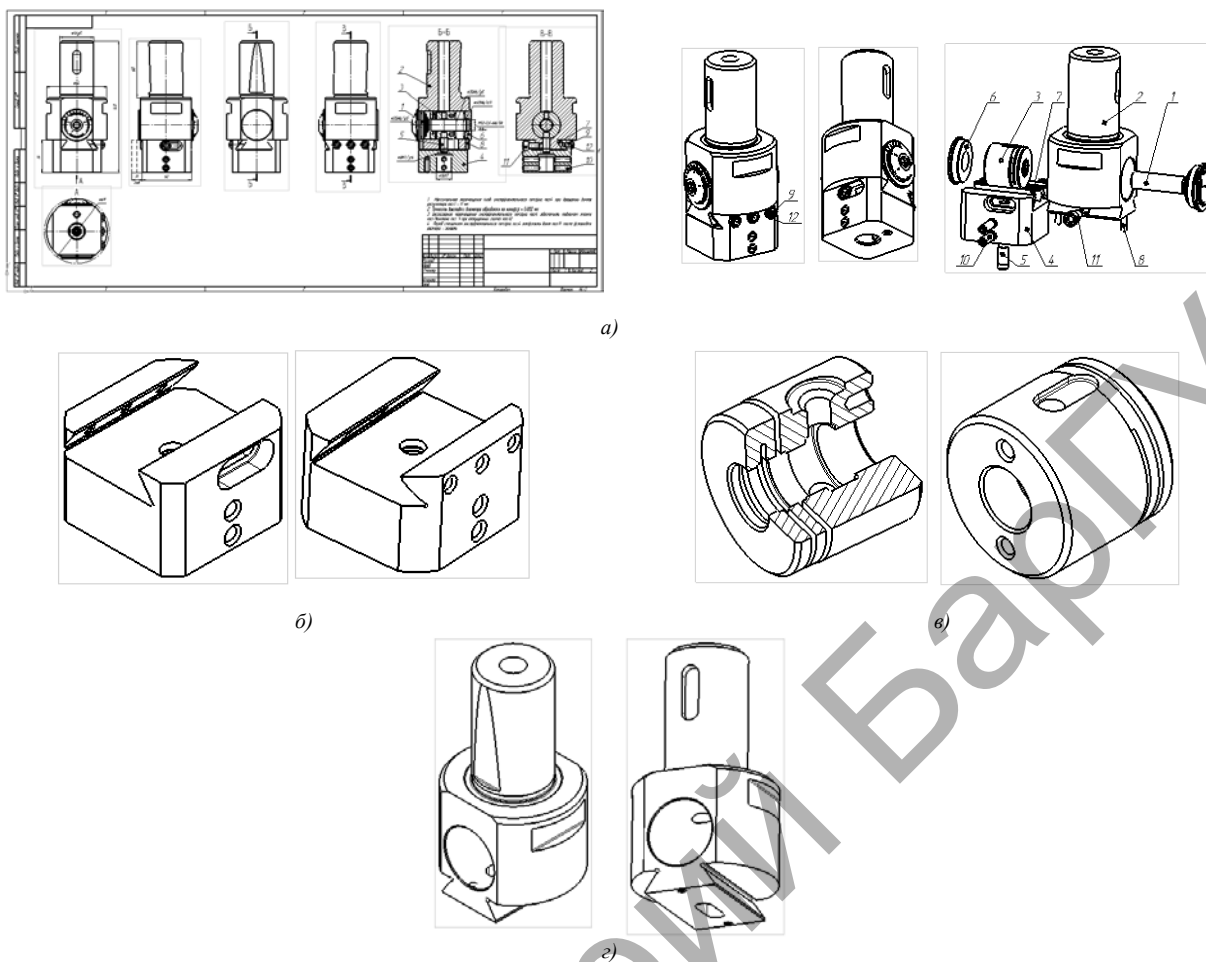
4. Во вкладке «Слайсер» выбираются следующие параметры: температура экструдера и стола, толщина слоя, величина заполнения оболочки модели, параметры обдува, скорость печати, тип поддержки и др.

5. Во вкладке «Просмотр печати» показываются выходные параметры: расчетное время печати, количество слоев и строк G-кода, количество расходуемого материала.

6. Далее файл сохраняется на флеш-носителе и отправляется на печать. После печати следует постобработка распечатанной детали.

На рисунке 2 показан макет 3D-модели расточного патрона, напечатанного 3D-принтером *Mojo*, поддерживающем высокие стандарты технологии FDM-печати.

Для наглядности отдельные конструктивные элементы макета выполнены из полимерного материала разного цвета. В макете выполнены разнообразные резьбовые и плоские соединения, что обеспечивает отработку конструкции на технологичность изготовления и сборки деталей и узлов.



а — сборочный чертеж и 3D-модель расточного инструмента; б — 3D-модель ползуна инструментального; в — 3D-модель ползуна; г — 3D-модель корпусной оправки

Рисунок 1 — Этапы проектирования 3D-модели расточного патрона

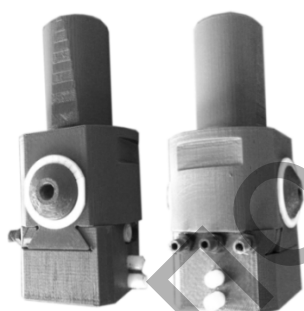


Рисунок 2 — Макет расточного патрона, выполненный с применением технологий трехмерной печати

Вышеизложенный подход к моделированию конструкции расточного патрона используется при проектировании других типов режущих инструментов, например блочно-модульных торцовых фрез [4].

Заключение. Рассмотрены возможности моделирования конструкции расточного патрона, представляющего собой сложное изделие со взаимозаменяемыми конструктивными элементами механизмов закрепления и перемещения резовых вставок, с использованием трехмерных технологий и быстрого прототипирования. Доказана целесообразность создания модели расточного патрона из полимерных материалов для последующей отработки конструкции на технологичность изготовления и сборки.

Разработаны основные этапы реализации аддитивной технологии с использованием CAD-систем и 3D-принтера с послойным наплавлением полимерного материала, что позволило создать макет расточного патрона для дальнейших исследований и испытаний.

Список цитируемых источников

1. Расточная головка : пат. РФ2349426 / К. А. Украженко, О. К. Украженко ; дата публ.: 20.03.2009.
2. *Portsiianko, S.* Using of 3d-modelling and rapid phototyping technologies during the design of constructions of block-module surface cuttings / S. Portsiianko, N. Popok // Materials of IX junior researchers' conference. Part 3. — Novopolotsk, PSU, 2017. — P. 214—215.
3. *Portsiianko, S.* 3D-modeling of block-module face-milling cutter constructions / S. Portsiianko, N. Popok // Materials of X junior researchers' conference. Part 3. — Novopolotsk, PSU, 2018. — P. 61—62.
4. *Понюк, Н. Н.* 3D-моделирование конструкций блочно-модульных торцовых фрез / Н. Н. Попок, С. А. Портянко // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018) : электрон. сб. ст. I Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию Полоцк. гос. ун-та. — Новополоцк, 2018. — С. 190—192.

МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ, АДГЕЗИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ С НАНЕСЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ БАББИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Подшипники скольжения с нанесенными баббитовыми покрытиями используют в механизмах, работающих на высоких оборотах, при ударных и вибрационных нагрузках, а их широкое применение обусловлено дешевизной их производства. Также они имеют довольно низкий уровень шума, высокий КПД работы, могут работать в воде. Однако из-за высокого трения, без должного ухода такие подшипники быстро изнашиваются. В данной статье рассмотрены методики исследования триботехнических, адгезионных и прочностных свойств подшипников скольжения с нанесенными покрытиями из различных баббитовых материалов.

Основная часть. Проверка заливки. Качество заливки проверяют после того, как подшипник достигнет комнатной температуры. Подшипник осматривают и простукивают для выявления полостей. При внешнем осмотре следят за тем, чтобы поверхность была ровной, без трещин, пор, раковин, черновин, желтых пятен и имела серебристый цвет. Наличие желтых пятен или оттенков указывает на перегрев баббита. При простукивании подвешенный подшипник слегка ударяют молотком. Звук должен быть чистым металлическим, что свидетельствует о плотном соединении баббита с подшипником. Дребезжащий или глухой звук указывает на неплотное соединение баббита с подшипником [1].

Для тонкослойных вкладышей баббит должен удовлетворять следующим требованиям: 1) не иметь резко выраженной неоднородной структуры. Для них возможно использование однофазных сплавов при достаточном сопротивлении металла смятию; 2) обладать повышенной сопротивляемостью усталостному разрушению, поскольку работа тонкослойных прецизионных вкладышей должна протекать в основном в условиях жидкостного трения; 3) баббитовый антифрикционный слой желательнее применять с пониженной твердостью — до $HV\ 15\dots 20$. При этом улучшается прирабатываемость. Это важно в связи с тем, что сопротивляемость смятию в тонком слое повышается за счет влияния подложки; 4) для обеспечения надлежащей долговечности подшипников существенное значение имеет прочность соединения баббита с корпусом, определяемая способностью слоя полуды сопротивляться усталостному разрушению [2].

Анализ прочности сцепления с наружной стороны подшипника. Если имеется доступ к наружной поверхности вкладыша подшипника и она концентрична с внутренним диаметром, самый простой способ — измерение с внешней стороны с помощью небольшого контактного преобразователя, работающего в диапазоне частот от 10 до 2,25 МГц. Чаще всего используются преобразователи $V112-RM$ (10 МГц), $V110-RM$ (5 МГц) и $V106-RM$ (2,25 МГц). Если сцепление хорошее, сначала появляется слабый эхо-сигнал от границы сред «вкладыш/слой баббита», а затем большой эхо-сигнал от ВД вкладыша. При некачественном сцеплении отображается лишь большой эхо-сигнал от внутренней поверхности вкладыша [3]. Экспериментальные исследования триботехнических характеристик моделей подшипников скольжения проводятся на специально сконструированной и изготовленной установке, позволяющей моделировать реальные условия эксплуатации пар трения-скольжения в широком диапазоне вариации нагрузок и скоростей. Величина износа поверхностей измеряется методом естественных баз путем профилографирования и круглограмм-мографирования на специальном комплексе, включающем в себя ПЭВМ [4]. Способ испытания биметаллических подшипников скольжения на адгезию включает в себя разметку и выделение участков адгезионной поверхности и последующее воздействие на них силой в целях повышения точности и достоверности оценки адгезии слоев покрытия и основы, а также снижения трудоемкости испытаний. Выделение участков адгезионной поверхности в подшипнике осуществляют путем нарезания пазов с равномерным шагом по нормали к зоне стыка в наружном слое до выхода в следующий слой, после чего воздействуют центробежными силами на выделенные участки посредством их вращения. По значению частоты вращения, при которой происходит отрыв слоев друг от друга, судят о величине адгезии на участках [5].

Для исследования физико-химического влияния среды смазочного материала на подшипник скольжения, а также ее поверхностно-активных компонентов на механические свойства разнообразных сплошных и пористых твердых тел и материалов используют эффект Ребиндера. Одним из условий экспериментальной проверки являлось использование материалов, из которых обычно изготавливаются подшипники скольжения, и воспроизведение реальной волнистости. В последние годы большое внимание привлек вопрос о влиянии волнистости на смазку поверхностей подшипников. При оценке работоспособности подшипников в процессе проектирования все более широкое распространение получают способы расчета на ЭВМ, основанные на использовании гидродинамической теории смазки [6].

Расчет по критерию прочности. Этот расчет заключается в обеспечении необходимой прочности подшипника, материал которого подвергается объемному сжатию под действием нагрузки. К таким материалам относятся, например, пластмассы. За критерий прочности или несущую способность подшипника принимают среднее давление:

$$p = \frac{N}{S},$$

где S — расчетная площадь контакта, условно принимаемая равной площади проекции подшипника, см²:

$$S = ld.$$

После подстановки имеем

$$p = \frac{N}{ld}.$$

Несущая способность подшипника — величина условная, так как контакт подшипника и вала происходит на дуге менее 180° и фактическая площадь контакта меньше значения, принимаемого в расчете. Точно определить ее расчетным путем сложно из-за ряда факторов, которые трудно учесть в инженерном расчете. Для подшипников сухого трения с твердосмазочными покрытиями Ю. Н. Дроздовым и С. Л. Гафнером получена формула для определения среднего давления с учетом действительной протяженности контактной зоны подшипника и вала:

$$p = \frac{N}{ld} \cdot \frac{1}{\sin \varphi_0},$$

где φ_0 — средний полуугол контакта [7].

Расчет радиальных подшипников скольжения при установившемся режиме работы. Все основные параметры, характеризующие работоспособность опоры скольжения, могут быть найдены лишь в том случае, если известно поле давлений, возникающее в слое смазывающего вещества, разделяющего поверхности взаимосопрягаемых элементов подшипника, находящихся в относительном движении. Если подшипник находится под воздействием постоянной по величине и направлению нагрузки и скорость относительного перемещения поверхностей трения в номинальном режиме неизменна (стационарная задача гидродинамической теории смазки), то основные характеристики подшипника определяют по известным формулам. Несущая способность подшипника:

$$W = \frac{ld\omega\mu}{\psi^2} \cdot \zeta.$$

Потеря мощности на преодоление сил сопротивления вращению в подшипнике:

$$N = \frac{ld^2\omega^2\mu}{2\psi^2} \cdot \zeta.$$

Количество смазывающего вещества, необходимое для обеспечения работоспособности подшипника:

$$Q = 0,5\psi\omega ld^2q.$$

Поскольку распределение гидродинамического давления по опорной поверхности подшипника скольжения, определяющее основные характеристики, в существенной мере зависит от характера изменения толщины смазочной пленки вдоль координатных осей, необходимо найти метод выражения толщины смазочной пленки через эти координаты. Закон изменения толщины смазочного слоя для радиальных подшипников скольжения обычно выводят в виде функции только одной угловой координаты φ . Для повышения виброустойчивости и улучшения центровки цапфы при расточке вкладышам подшипников скольжения этих машин придают такую форму, при которой возникает второй дополнительный гидродинамический клин в ненагруженной зоне [8].

Заключение. В статье рассмотрены методики исследования триботехнических, адгезионных и прочностных свойств подшипников скольжения с баббитовым покрытием. Эта статья может быть полезна инженерам, работающим в производстве подшипников, которым необходимо просчитать эффективность подшипников конкретного типа, так как подшипники скольжения с нанесенными баббитовыми покрытиями имеют довольно низкий уровень шума, высокий КПД работы, могут работать в воде и дешевле в изготовлении.

Список цитируемых источников

1. Контроль качества заливки баббита на подшипник [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://studwood.ru/1588796/tovarovedenie/tehnologiya_izgotovleniya_podshipnikov_skolzheniya. — Дата доступа: 01.10.2018.
2. Требования к баббиту [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studwood.ru/1588792/tovarovedenie/babbity>. — Дата доступа: 01.10.2018.
3. Ультразвуковой контроль качества соединения баббита с основой [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.olympus-ims.com/ru/ultrasonic-inspection-babbitt-bearing-liners/>. — Дата доступа: 03.10.2018.
4. Методика исследования триботехнических свойств [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/tehnologicheskoe-upravlenie-tribotekhnicheskimi-kharakteristikami-soedinenii-tipa-podshipni>. — Дата доступа: 03.10.2018.
5. Испытание адгезионных свойств подшипников [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/126/1267227.html>. — Дата доступа: 05.10.2018.
6. Исследование прочности подшипников [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dslib.net/mashynovedenie/uluchshenie-rabochih-kharakteristik-radialnyh-podshipnikov-skolzheniya.html>. — Дата доступа: 01.10.2018.
7. Воронков, Б. Д. Подшипники сухого трения / Б. Д. Воронков. — М. : Машиностроение, 1979. — 223 с.
8. Воскресенский, В. А. Расчет и проектирование опор скольжения / В. А. Воскресенский, В. И. Дьяков. — М. : Машиностроение, 1980. — 219 с.

ДАСЛЕДАВАННЕ ФУНКЦЫЯНАВАННЯ ЗМЕННЫХ КРЫВАЛІНЕЙНЫХ ТЭХНАЛАГІЧНЫХ ПЕРАХОДАЎ

Уступ. Дадзеная распрацоўка з'яўляецца працягам даследавання, распачатага ў рабоце [1]. Тэхналагічныя пераходы ў перапрацоўчых агрэгатах служаць для перамяшчэння сыпучага ці вязкага асяроддзя з адной ёмістасці ў іншую. У адрозненне ад работы [1], дзе разглядаюцца пераходы прамавугольнай формы, тут распрацаваная ў [1] метадыка пашыраецца на даследаванне прадукцыйнасці крывалінейных пераходаў.

Асноўная частка. Канкрэтызацыя задачы. Уявім тэхналагічны агрэгат з двума сумежнымі ёмістасцямі адвольнай формы, раздзеленымі плоскасцю P . Для перамяшчэння рэчыва паміж імі ў плоскасці P утвараецца адтуліна належнай формы — пераход. Калі плошча пераходу падчас работы агрэгата адкрыта цалкам, то пераход будзем называць стацыянарным. Але пераход у вытворчым працэсе можа часткова або цалкам закрывацца (ці адкрывацца) з бесперапынным перамяшчэннем праз яго перапрацоўваемага рэчыва. Тады назавём яго нестацыянарным (зменным). Скорасць перамяшчэння рэчыва праз пераход абазначым літарай V_1 і будзем лічыць яе пастаяннай у часе і па плошчы пераходу. Зменнасць пераходаў дасягаецца пры дапамозе засавак. Ніжэй прыняты іх раўнамерны рух з пастаяннай скорасцю V . Іншыя законы руху засаўкаў разглядаюцца ў рабоце [1]. Працягласць іх руху да поўнага закрыцця адтулін будзем абазначаць літарай t_1 , а адпаведны шлях засавак — літарай l . На мадэлях пераходаў, што паказаны на рысунках 1, 2, засавак прадстаўлены ў выглядзе пласцін 2. У рэальнасці яны могуць мець розныя геаметрычныя формы і выконваюць функцыі рабочых органаў у перапрацоўцы рэчыва, напрыклад, драблення яго фракцый. Такія засаўкі маюць адмысловыя тэхнічныя назвы (валкі, ролікі) і выконваюць бесперапынныя рухі па законах, блізкіх да гарманічных. Наша мэта — вызначыць прапускную здольнасць (ПЗ) пераходу, г. зн. аб'ём рэчыва V , які перамяшчаецца праз яго ў адзінку часу. У якасці эталона для параўнання ПЗ нестацыянарных пераходаў прымаецца ПЗ стацыянарных пераходаў; апошнія вызначаюцца па формуле

$$q = V/t \left(\frac{\text{м}^3}{\text{гадз}} \right), \quad (1)$$

дзе $V = Fv_1 t_1$ (м^3). Тут F (м^2) — плошча пераходу.

Даследаванне кругавога пераходу. Будзем лічыць, што ён знаходзіцца ў гарызантальнай плоскасці P . На рысунку 1, а, паказаны від зверху. Пераход радыуса r абазначаны лічбай 1, засаўка — лічбай 2. Яна рухаецца ўлева (адкрывае пераход) і ў момант часу t знаходзіцца на адлегласці x ад пачатку каардынат O . Адначасова з пачаткам руху засаўкі пачынаецца перамяшчэнне асяроддзя праз адкрываемую частку пераходу. На рысунку 1, б, прадстаўлена эпіюра змянення аб'ёму рэчыва і залежнасці ад часу (працягласці) τ яго перамяшчэння праз адтуліну l . Пры $t = t_1$ і $x = l = 2r$ пераход адкрываецца цалкам. Далей яго ПЗ вылічваецца як пры стацыянарным рэжыме па формуле (1): $q = \pi r^2 v_1 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{гадз}} \right)$. Знойдзем характарыстыку q пры $t_1 \geq t \geq 0$. На рысунку 1, б, відаць, што за час $\tau = t_1 - t$ праз участак адтуліны размерам $dx \times b_x$ перамяшчаецца элементарны аб'ём рэчыва (стоўбчык):

$$dV = b_x dx v_1 \tau \quad (\text{м}^3). \quad (2)$$

З ураўнення акружнасці ў сістэме каардынат Oxy $(x-r)^2 + y^2 = r^2$ знаходзім:

$$b_x = 2y = 2\sqrt{2rx - x^2}.$$

Пры раўнамерным руху ($V = \text{const}$) засаўкі $x = vt$, $dx = vdt$, $b_x = 2\sqrt{2rvt - r^2 t^2}$. Тады паводле формулы (2)

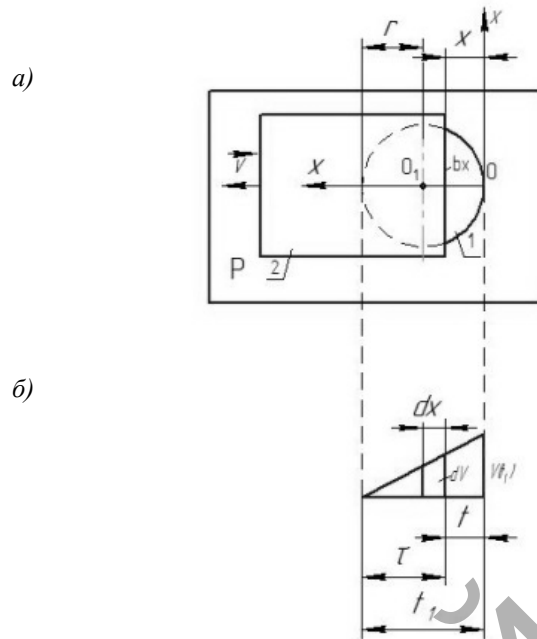
$$dV = c f_k(t) - c' t f_k(t) dt, \quad (3)$$

дзе літарай $f_k(t)$ абазначаны радыкалы для круга: $f_k(t) = \sqrt{2rvt - r^2 t^2}$; $c' = 2vv_1$, $c = c't_1$. Інтэгруруем роўнасць (3). Патрэбныя інтэгралы вызначаем па формулах: $\int f_k(t) dt = \frac{t}{2} \sqrt{2rvt - r^2 t^2} + \frac{r^2}{v} \arctg \sqrt{\frac{vt}{2r-vt}}$

$$\int t f_k(t) dt = \frac{1}{2v^2} \left[\frac{2v(vt^2 - 2rt)f_k(t)}{3} - r(r - vt)f_k(t) - r^3 \arcsin \left(\frac{r-vt}{r} \right) \right].$$

Далей падстаўляем межы інтэгравання $(0, t_1)$ і ўлічваем, што $vt_1 = 2r$. Атрымліваем:

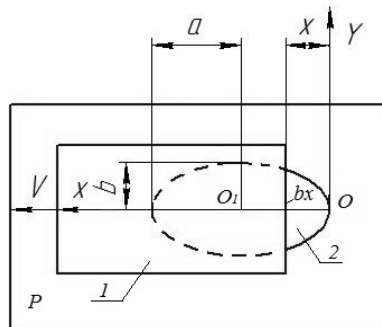
$$V = \int_0^{t_1} dV = \int_0^{t_1} (cf_k(t) - c'tf_k(t))dt = \pi r^2 v_1 t_1 / 2 \text{ (м}^3\text{)}. \text{ Па формуле (1) знаходзім } q = \pi r^2 v_1 / 2 \text{ (м}^3\text{/гадз)}.$$



Рысунак 1 — Мадэль кругавога пераходу (а) і зпора змянення аб'ёму (б)

Даследаванне эліптычнага пераходу. Ён паказаны на рысунку 2. Паўвосі эліпса абазначаем літарамі a, b . Паўтарам выкарыстаную вышэй метадку. Ураўненне эліпса ў восях O_{xy} запісваецца ў выглядзе: $\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. Адсюль знаходзім шырыню пераходу b_x у сячэнні $x = vt$: $b_x = 2y = 2\frac{b}{a}\sqrt{2avt - v^2t^2}$. Структура формулы (3) не змяняецца. Але ў ёй цяпер радыкалы для эліпса роўны $f_3(t) = \sqrt{2avt - v^2t^2}$, пастаянныя $c' = 2\frac{b}{a}vv_1$; $c = c't_1$. Патрэбныя для вызначэння V інтэгралы знаходзім па формулах: $\int f_3(t)dt = \frac{t}{2}f_3(t) + \frac{a^2}{v} \arctg \sqrt{\frac{vt}{2a-vt}}$; $\int tf_3(t)dt = \frac{1}{2v^2} \left[\frac{2v(vt^2 - 2at)f_3(t)}{3} - a(a - vt)f_3(t) + a^3 \arcsin \left(\frac{a - vt}{a} \right) \right]$. Далей будзем улічваць, што $vt_1 = 2a$. Паводле роўнасці (3), падставіўшы межы інтэгравання $(0, t_1)$, атрымаем: $V = \int_0^{t_1} dV = \pi abv_1 t_1 \text{ (м}^3\text{)}$, адкуль $q = \pi abv_1 / 2 \text{ (м}^3\text{/гадз)}$. Заўважым, што адсюль пры $a = b = r$ атрымліваецца знойдзеная вышэй характарыстыка q для кругавога пераходу.

Звернем увагу на структуру роўнасці (3). Правая яе частка ўяўляе рознасць двух складаемых. Пасля інтэгравання яе можна запісаць у выглядзе: $V = V_1 - V_2$ ці $q = q_1 - q_2$. Велічыня q_1 прадстаўляе тут эталонную характарыстыку пераходу (1), а q_2 — папраўку (змяненне), якая адлюстроўвае ўплыў рухомай засаўкі.



Рысунак 2 — Мадэль эліптычнага пераходу

Заклучэнне. Даследаваны прапускныя ўласцівасці кругавога і эліптычнага пераходаў у нестацыянарным рэжыме функцыянавання. Устаноўлена, што наяўнасць засаўкі, якая рухаецца раўнамерна, прыводзіць да зніжэння прапускной характарыстыкі ў два разы.

Спіс цытаваных крыніц

1. Русан, С. І. Даследаванне прапускной здольнасці тэхналагічных пераходаў са зменнымі параметрамі / С. І. Русан, Л. Л. Сотнік // *Техника и технологии: инновации и качество : материалы V Междунар. науч.-практ. конф.*, 20 дек. 2018 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь. — Барановичи : БарГУ, 2018.

УДК 621.9

Н. Н. Черкасов, Е. А. Веремейко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ СВЕРЛАМИ С ВНУТРЕННИМ ОТВОДОМ СТРУЖКИ

Введение. Обработка глубоких отверстий, число которых в ряде конструкций достигает 11 000, является одной из наиболее сложных и трудоемких операций механической обработки корпусных деталей.

При изготовлении деталей особого назначения широко применяют низкоуглеродистые легированные и коррозионностойкие стали 10X2M, 10ГН2МФА, 09Г2СА, 08Х18Н10Т и др. Требования к этим сталям: высокая прочность, вязкость, устойчивость к воздействию агрессивных сред. Сочетание указанных свойств позволяет отнести перечисленные материалы к труднообрабатываемым.

Основная часть. Ввиду значительных габаритных размеров и массы заготовок трубных досок и коллекторов, а также большого числа глубоких отверстий обработку наиболее целесообразно выполнять на специальных станках для глубокого сверления, оснащенных системой ЧПУ. При глубоком сверлении в деталях в основном применяют инструменты с внутренним отводом стружки (типа ВТА) и ружейные сверла. С учетом требований по качеству поверхностного слоя и точности обработанных отверстий после предварительного сверления может потребоваться развертывание [1].

Инструмент ВТА состоит из режущей головки, крепящейся резьбовым соединением на стебле. По сравнению с ружейными сверлами инструмент с внутренним отводом стружки обладает рядом преимуществ: более высокой жесткостью стебля, что положительно влияет на точность размеров и формы отверстия; отсутствием контакта стружки с обработанной поверхностью, что благоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности; возможностью быстрой замены режущей головки, что упрощает обслуживание. Современной тенденцией стало все более широкое применение в конструкциях инструмента ВТА и ружейных сверл сменных неперетачиваемых твердосплавных режущих пластин, в том числе с износостойкими покрытиями [2].

Применение инструмента ВТА требует обеспечения гарантированного дробления стружки, необходимого для надежного ее извлечения, что при сверлении низкоуглеродистых легированных и коррозионностойких сталей с высокими пластическими и прочностными свойствами является сложной задачей.

Для надежного обеспечения дробления стружки широко применяют стружкоделители и стружколомные порожки. Количество и геометрические параметры стружкоделителей и стружколомных порожков определяются свойствами обрабатываемого материала и режимами резания. Эффективная работа стружколомных порожков обеспечивается в определенном диапазоне режимов резания (скоростей резания и подачи).

Для сталей, применяемых для деталей особого назначения, дробление стружки обеспечивается при подаче 0,07...0,14 мм / об (рисунок 1, а). Верхний предел подачи ограничивается прочностью корпуса инструмента, износостойкостью и прочностью режущих пластин. Скорость резания — 50...70 м / мин в зависимости от свойств обрабатываемого материала и применяемого твердого сплава. Указанные режимы резания обеспечивают высокую производительность обработки. Вместе с тем работа на данных режимах сопровождается сравнительно высокой (до 0,2 мм) разбивкой диаметров просверленных отверстий, формированием в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений 1-го рода и повышенным износом кондукторных втулок.

Кроме того, эффективность работы инструмента зависит от стабильности свойств материала заготовки, что не всегда обеспечивается для заготовок больших размеров и массы. Наличие карбидных или силикатных включений, различная твердость материала в пределах одной заготовки затрудняют подбор геометрии режущей части и эффективных режимов резания.

К примеру, при обработке ряда заготовок из стали 09Г2СА, имеющих большое количество силикатных включений, инструментом ВТА со сменными твердосплавными неперетачиваемыми пластинами, со стружкоделителями и стружколомными порожками включения высокой твердости оказывают абразивное воздействие, вызывая интен-

сивный износ режущих пластин как по задней, так и передней поверхности, что приводит к изменению геометрической формы пластин. Ширина фаски износа увеличивается к периферии режущей пластины. При работе с изношенной режущей кромкой происходит изменение направления схода стружки, в результате она не упирается в стружколомные порошки и не дробится. Фаска износа по передней поверхности режущей пластины начинает выполнять роль своеобразного порошка, изменяющего направление схода стружки. Увеличение подачи на оборот до некоторого предела позволяет компенсировать влияние фаски износа на эффективность стружкодробления.

Но увеличение подачи приводит к росту нагрузок и более интенсивному износу режущей пластины и корпуса инструмента. Для обработки стали 09Г2СА эффективные значения подачи составляют 0,08...0,1 мм / об. Дальнейшее увеличение подачи ограничено прочностью корпуса инструмента и стойкостью режущих пластин.

В условиях, когда эффективность инструмента со стружкоделителями и стружколомными порошками мала, целесообразно применение другого принципа дробления стружки. В этом случае стружка дробится в результате скручивания в корпусе режущей головки, а не от упора в стружколомный порошек. Режущая часть инструмента имеет упрощенную геометрию, без стружкоделителей, что делает рациональным применение напайных режущих пластин с возможностью многократной переточки. Для обеспечения надежного дробления стружки действует ограничение по ее толщине, что достигается снижением подачи на оборот. В зависимости от геометрии режущей части инструмента и свойств обрабатываемого материала эффективное дробление и эвакуация стружки обеспечиваются при подаче 0,02...0,04 мм / об (см. рисунок 1, б). Применение меньшей подачи нецелесообразно из-за снижения производительности обработки.

При сверлении на указанных режимах резания нагрузки на режущей кромке значительно меньше, износ происходит преимущественно по задней поверхности режущей пластины. Инструмент сохраняет стабильность характеристик в условиях серийной обработки отверстий, менее чувствителен к неоднородностям материала обрабатываемой заготовки. Кроме того, работа в таких условиях приводит к меньшей (до 0,05 мм) разбивке диаметра просверленных отверстий, формированию в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия. В ряде случаев при отсутствии особых требований к состоянию поверхности возможна однопроходная обработка (без дополнительного развертывания), что частично компенсирует увеличение трудоемкости обработки за счет понижения режимов резания [2].

При изготовлении деталей теплообменной аппаратуры, предназначенной для АЭС, нередко выдвигаются особые требования к состоянию поверхностного слоя обработанных отверстий. Не допускается наличие рисок, ограничивается степень деформационного упрочнения поверхностного слоя, исключается наличие растягивающих остаточных напряжений. Для гарантированного обеспечения указанных требований необходимо применение финишной обработки — развертывания. Целесообразно применение разверток специальной конструкции, которые крепятся на тот же стержень, что и головка инструмента ВТА при предварительном сверлении, чем обеспечивается обработка детали на одном рабочем месте за одну установку. Припуск под развертывание определяется толщиной слоя, имеющего растягивающие остаточные напряжения. При выводе развертки из отверстия в условиях наличия сжимающих остаточных напряжений часто остается след от элементов режущей части инструмента глубиной 3...5 мкм. В этом случае необходимо выводить инструмент из отверстия с вращением, сохраняя подачу на оборот такую же, как и при развертывании [3].

Применение развертки позволяет не только обеспечить требуемые характеристики поверхностного слоя обработанных отверстий, но и компенсировать возможные погрешности, возникающие в процессе предварительного сверления. С учетом высокой стоимости обрабатываемых изделий и недопустимости отклонений двухпроходная обработка является обоснованной.



а)



б)

а — с пластинами стружкоделитель и стружколомный порошек (подача 0,1 мм / об);
б — с режущей пластиной без стружкоделителя (подача 0,03 мм / об)

Рисунок 1 — Стружка при сверлении стали 10Х2М инструментом ВТА диаметром 15,85 мм

Заключение. Применение инструмента ВТА с пластинами стружкоделителем и стружколомным порожком (подача 0,1 мм / об), режущей пластиной без стружкоделителя (подача 0,03 мм / об) позволяет с высокой эффективностью решать задачи обработки глубоких отверстий в материалах, применяемых в машиностроении.

Список цитируемых источников

1. Терехов, В. М. Исследование состояния поверхностного слоя глубоких отверстий в деталях ответственных теплообменных аппаратов / В. М. Терехов // Технология машиностроения. — 2001. — № 3. — С. 41—45.
2. Могутов, И. В. Особенности обработки глубоких отверстий / И. В. Могутов, Д. Н. Клауч, Е. Г. Ягуткин // Технология машиностроения. — 2013. — № 7. — С. 16—18.
3. Рагрин, Н. А. Научные основы повышения качества поверхности обработанной быстрорежущими спиральными сверлами / Н. А. Рагрин, А. А. Айнабекова, У. М. Дыйканбаева // Технология машиностроения. — 2017. — № 5. — С. 13—16.

УДК 621.785.5

Н. Н. Черкасов¹, С. А. Саханько¹,
Д. Канашка², кандидат технических наук, доцент,
М. В. Нерода³, кандидат технических наук, доцент

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Латвийский сельскохозяйственный университет, Елгава, Латвия,

³Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЫШКА» МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКИХ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Введение. Важным фактором упрочняющей обработки методом ионно-плазменного азотирования (далее — ИПА), например, штамповой или литейной оснастки, является обеспечение высоких требований к шероховатости поверхности и твердости. Как известно из [1], ИПА изменяет качество поверхности — у деталей, имеющих поверхности с низкими значениями шероховатости происходит ухудшение качества, а у деталей с высокими значениями шероховатости поверхностей — наоборот, улучшение их качества. Причиной этого является температурное воздействие на поверхности изделия, которое может произойти как при разогреве садки в разряде, когда осуществляется процесс ионного бомбардирования поверхности, так и на стадии выдержки, в зависимости от режима обработки. Таким образом, уже на стадии разогрева происходит изменение шероховатости поверхности.

Различные условия эксплуатации требуют создания регулируемых технологий азотирования с получением диффузионных слоев различного фазового состава и структуры, что определяет работоспособность изделий в режиме износа, коррозии, знакопеременных нагрузок, сопротивления ползучести при повышенных температурах. В этой связи большое значение приобретает исследование режимов обработки, которые позволяют получить заданную структуру и фазовый состав азотированного слоя, обеспечивающие оптимальные характеристики изделий.

Целью настоящей работы является исследование процесса ИПА детали «Крышка» в зависимости от параметра процесса — химической активности тлеющего разряда.

Основная часть. Процесс ИПА состоит из нескольких последующих этапов, характеризующихся определенными технологическими и физическими особенностями. После вакуумирования рабочей камеры до некоторого остаточного давления на детали-катод подается напряжение (пульсирующее или постоянное), затем постепенно идет увеличение подаваемой мощности — это так называемый процесс очистки деталей ионной бомбардировкой. Для того чтобы этот процесс протекал эффективно, разрядное напряжение должно быть на уровне 600 вольт и более. В течение данного цикла (шага или сегмента процесса) происходит зарождение микродуг, которые очищают поверхности от остатков моющего средства, окислов и других загрязнений. Для эффективного управления процессом ИПА на промышленном оборудовании необходимо знать характер взаимосвязи мощности разряда и давления газа в рабочей камере в зависимости от степени ее загрузки. Рассчитав значение комплекса $S_{\alpha-Fe}^{лег*} \sqrt{D_{\alpha-Fe}^{лег}}$, где $S_{\alpha-Fe}$ — растворимость азота в легированном альфа-твердом растворе железа, $\sqrt{D_{\alpha-Fe}^{лег}}$ — коэффициент диффузии азота в легированном альфа-твердом растворе железа, можно определить состав насыщающей среды (процент азота) при разогреве и на первых шагах выдержки, чтобы не сформировался преждевременно «белый» нитридный слой, который затормозит диффузию азота в металл, т. е. плотность потока азота Π_{N_2} (л / ч · м²), обеспечиваемая разрядом.

Таким образом, рассчитанное значение растворимости азота и коэффициента диффузии позволяют выбрать время и величину плотности потока азота таким образом, чтобы ни при разогреве садки, ни в начальной стадии выдержки не образовывался нитридный слой.

Для стандартных параметров процесса азотирования на промышленном оборудовании величина плотности тока составляет обычно $2,5 \dots 12 \text{ A/m}^2$, а доля азота в смеси находится на уровне $25 \dots 75 \%$. Следовательно, плотность потока азота при данных величинах находится в пределах от $0,54 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$ до $7,78 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$. При ионном азотировании в начальной стадии обработки происходит активное поглощение азота поверхностью детали, на газовой среде не успевает концентрироваться достаточное количество активных атомов азота, которые проникают вглубь металла. В процессе последующей обработки снижается скорость диффузии атомов в металл вследствие снижения градиента концентрации атомов азота, поэтому концентрация активного азота в газовой фазе возрастает [2]. Поэтому для обеспечения требуемого качества поверхности по мере насыщения садки снижают долю азота относительно первоначального значения.

Для получения нужной глубины азотированного слоя необходимо правильно выбрать время обработки. При температуре обработки $540 \dots 545 \text{ }^\circ\text{C}$ за время $15 \dots 16 \text{ ч}$ на детали формируется азотированный слой глубиной более $0,25 \text{ мм}$, что соответствует требованиям конструкторской документации по глубине слоя для большинства изделий. Следует отметить, что повышенные эксплуатационные свойства детали обеспечиваются при наличии азотированного слоя с плавным распределением твердости от поверхности к сердцевине, что обеспечивается при температурах садки на уровне $540 \dots 560 \text{ }^\circ\text{C}$ [3].

Экспериментальные исследования проводили на деталях с шероховатостью поверхности $Ra = 0,26 \dots 0,32 \text{ мкм}$. Процесс азотирования проводился при температуре $540 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 14 ч , при этом обеспечивались такие показатели процесса, чтобы напряжение разряда не превышало 350 В . Изменение режима обработки проводилось по трем различным алгоритмам: стандартный режим, максимальное напряжение — до 650 В , максимальный ток разряда — до 20 А ; режим пониженного напряжения, максимальное напряжение — не выше 450 В , ток — не более 15 А ; режим низкого напряжения, максимальное напряжение — не выше 350 В , ток — не выше 10 А .

После выполнения упрочняющей обработки проводили измерения шероховатости поверхности участков образцов на приборе модели *Surtronic 25*.

На основании результатов расчетов плотности потока для детали «Крышка» был выбран следующий режим обработки (при значении температуры $545 \text{ }^\circ\text{C}$): шаг 1: плотность потока азота $\Pi = 3,32 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — $0,5 \text{ ч}$; шаг 2: плотность потока азота $\Pi = 2,07 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — $5,5 \text{ ч}$; шаг 3: плотность потока азота $\Pi = 1,48 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — 5 ч ; шаг 4: плотность потока азота $\Pi = 1,88 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — 5 ч .

Плотность тока определялась как частное значений тока разряда на площадь садки на последнем шаге разогрева либо первом шаге выдержки. Для более точного определения плотности тока на последнем шаге выдержки рекомендуется уменьшить интенсивность разогрева садки до значения $0,1 \dots 0,2$ градуса в минуту. Площадь садки определяется как сумма площадей загруженных деталей и площади оснастки (если таковая используется). Значения твердости азотированного слоя изменяются от поверхности к сердцевине.

Обработка при более низкой температуре ($490 \text{ }^\circ\text{C}$) формирует азотированный слой с более резким изменением значений твердости (рисунок 1).

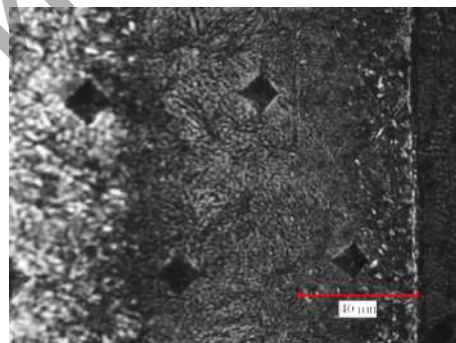


Рисунок 1 — Азотированный слой

Средние значения величины параметра J/p^2 на стадии разогрева в смеси аргона с небольшими добавками азота и водорода (доля аргона — 90%) в режиме ограничения напряжения на электродах составили $(4,5 \dots 9) \cdot 10^{-4} \text{ A/m}^2 \text{ Па}^2$, что соответствует значению катодного падения потенциала для аргона $200 \dots 250 \text{ В}$ при давлении в камере $130 \dots 200 \text{ Па}$. Расчеты показали, что ионы аргона при таких параметрах процесса приобретают энергию в катодном слое на уровне $15,8 \dots 21 \text{ эВ}$. Качество поверхности при данных режимах обработки должно соответствовать техническим требованиям.

Следует отметить, что обработка образцов в режимах пониженного и низкого напряжения при ограничении максимальных значений тока и напряжения привела к увеличению длительности разогрева садки до рабочей температуры более чем в два раза по сравнению с базовым режимом.

Заключение. При обработке образцов в режимах пониженного и низкого напряжения в силу ограничения максимальных значений тока и напряжения происходит увеличение длительности разогрева садки до рабочей температуры более чем в два раза по сравнению с базовым режимом.

При обработке методом ИПА в режиме пониженного напряжения шероховатость поверхности увеличилась в $1,6$ раза, при режиме низкого напряжения — в $1,2$ раза. При использовании стандартного режима обработки шероховатость увеличивается до двух раз.

Список цитируемых источников

1. Берлин, Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей / Е. В. Берлин, Н. Н. Коваль, Л. А. Сейдман. — М. : Техносфера, 2012. — 464 с.
2. Bosyakov, M. N. Nitrogen transfer during ion nitriding / M. N. Bosyakov, A. A. Kozlov, I. L. Pobol // Surface Engineering. — 2015. — № 3. — P. 3—10.
3. Азотирование и карбонитрирование / Р. Чаттерджи-Фишер [и др.] ; пер. с нем. ; под ред. А. В. Супова. — М. : Металлургия, 1990. — 280 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 ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ВСЕХ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УЧРЕЖДЕНИИ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «ИНФОРМАТИКА»

Введение. В мире давно и справедливо указывают на высокое качество нашего образования в области ИТ-технологий. Новые задачи, стоящие перед образованием, диктуют необходимость создания новой модели школы и нового стиля управления учреждением образования, позволяющими решать образовательные задачи XXI века, отвечать современным требованиям.

Кадровая, учебная, воспитательная, научно-методическая и управленческая деятельность современного учреждения образования для достижения максимального эффекта должны быть соединены в едином информационно-образовательном пространстве. Создание в учреждении образования единого информационно-образовательного пространства поможет приобрести необходимый опыт по совершенствованию информационной компетенции, способствующей развитию компетенций учителей, учащихся, родителей, что, в свою очередь, приведет к повышению качества образования, имиджа учебного заведения, общей культуры участников образовательного процесса.

Основная часть. В учреждении образования сложился стиль работы по созданию предметно-развивающей среды — это предметные комплексы для преподавания и изучения учебных предметов. В настоящий момент оформлены: «Иностранный язык», «Русский язык и литература», «Белорусский язык и литература», «История», «Физика и астрономия», «Естествознание», «Эстетический цикл», «Кабинет энерго- и ресурсосбережения». В рамках каждого комплекса создана электронная методическая база для педагогов и электронный помощник для учащихся, имеется локальная сеть, обеспечен выход в сеть Интернет, что позволяет эффективно организовать образовательный процесс и использовать ИТ-технологии.

Учебный предмет «Информатика» неразрывно связан со всеми предметами в целом.

Оборудован информационно-библиотечный центр, автоматизированные рабочие места учителей (руководителей методических объединений) с подключением к сети Интернет. Для формирования информационной компетенции учителям информатики предложено было на уроках использовать метапредметное обучение с элементами формирования информационных компетенций, что обуславливает качественное использование ИТ-технологии и закрепление знаний, умений и навыков на других учебных предметах, полученных на информатике.

Подбор педагогических кадров для осуществления образовательного процесса в учреждении образования проходит качественно, учитывается не только образовательный и квалификационный уровни, но и результативность деятельности педагога (олимпиады, ЦТ и т. д.). Образовательный и квалификационный уровни учителей, осуществляющих образовательный процесс в профильных классах, составляет 100 %.

Подбор кадров осуществляется с учетом рейтинга и профессиональных и информационных компетенций педагогов.

Первый этап — вовлечение педагогов и выявление наиболее успешных, определение их профессиональных и информационных компетенций «что я умею».

Второй этап — выявление результативности использования ИТ-технологий.

В целях развития педагогического творчества, самореализации инициативы педагогов и выявления степени эффективности методической работы можно определить показатели эффективности работы методических объединений: результаты внеурочной деятельности по предмету; использование современных образовательных технологий; обобщение и распространение собственного педагогического опыта; повышение квалификации; сотрудничество с учреждениями профессионального образования; участие в профессиональных конкурсах.

Исходя из критериев, выявляются наиболее продуктивные предметные методические объединения, успешные и креативные учителя каждого предметного методического объединения и учреждения образования в целом. Данный анализ предоставляет возможность проводить определенную работу среди учителей, направлен-

ную на совершенствование профессиональных и информационных компетенций педагогов, создание условий для презентации ресурсных возможностей каждому педагогу и в целом повышение компетентности (качества).

Таким образом, выявляются профессиональные и информационные компетенции педагогов, что позволяет определить кадровый состав для реализации того или иного направления.

Заключение. Формирование информационной компетенции — это залог успешного специалиста во всех областях науки и техники. XXI век — век информатизации, а учебный предмет «Информатика» — главная ступень учащегося в современный образованный мир [1, с. 84].

Список цитируемых источников

1. Артёмова, Е. В. Формирование медиакомпетентности на учебных занятиях по информатике в средней общеобразовательной школе / Е. В. Артёмова // Техника и технологии: инновации и качество : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 19 дек. 2017 г. — Барановичи : БарГУ, 2018. — 176 с.

УДК 517.521.8

И. Н. Бруй, кандидат физико-математических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

К СУММИРУЕМОСТИ СО СКОРОСТЬЮ

1. Введение. Пусть вещественное число $r > 0$ и последовательность $(a_n)_{n=0}^{+\infty}$ элементов банахова пространства **B** порождают ряд

$$\sum_{n=0}^{+\infty} a_n \quad (1)$$

и соответствующий ему координатный ряд

$$\sum_{n=0}^{+\infty} n^r a_n. \quad (2)$$

Свойство экспоненты $\forall r \in Z_1 := \{1, 2, 3, \dots\} \quad \forall n \in Z := \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\} \quad (e^{inx})^{(r)} = (in)^r e^{inx}$ объясняет появление последнего ряда. И пусть

$$\forall N \in Z_+ := \{0, 1, 2, \dots\} \quad Z_N^r(1) := \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] a_n \quad (3)$$

суть средние Зигмунда порядка r ряда (1), а

$$\forall N \in Z_+ \quad Z_N^r(2) := \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] n^r a_n \quad (4)$$

суть средние Зигмунда порядка r координатного ряда (2). В литературе средние Зигмунда называют ещё средними (Марцеля) Рисса, типическими средними, эталонными средними.

Теорема 1. Из ограниченности последовательности средних Зигмунда порядка $r > 0$ координатного ряда (2) в банаховом пространстве **B**

$$\sup_{N \in Z_+} \|Z_N^r(2)\|_{\mathbf{B}} =: A_1 < +\infty$$

вытекает сходимость средних Зигмунда порядка r исходного ряда (1) к сумме s в пространстве **B** со скоростью

$$\forall N \in Z_+ \quad \|s - Z_N^r(1)\|_{\mathbf{B}} \leq \frac{3A_1}{(N+1)^r}.$$

Теорема 2. Из сходимости средних Зигмунда порядка $r > 0$ ряда (1) к сумме s в банаховом пространстве **B** со скоростью

$$\forall N \in Z_+ \quad \|s - Z_N^r(1)\|_{\mathbf{B}} \leq \frac{A_2}{(N+1)^r},$$

где A_2 есть положительная постоянная, вытекает ограниченность последовательности средних Зигмунда порядка r координатного ряда (2) в пространстве **B**

$$\sup_{N \in Z_+} \|Z_N^r(2)\|_{\mathbf{B}} \leq 4A_2.$$

В случае порядка $r = 1$ средние Зигмунда суть средние Фейера: $\forall N \in Z_+ \sigma_N := R_N^1$. Если средние Фейера комплексного координатного ряда (2) ограничены: $\sup_{N \in Z_+} |\sigma_N(2)| < +\infty$, то согласно известной теореме [1, с. 165, теорема 71] теории суммируемости числовых рядов средние Фейера исходного комплексного ряда (1) сходятся: $\exists s \in C \lim_{N \rightarrow +\infty} |s - \sigma_N(1)| = 0$. Первым скорость их сходимости установил Д. Алексич [2, с. 46, замечание] с коэффициентом 4 в заключении теоремы 1; значение коэффициента уменьшили до 3 Б. Сёкефальви-Надь [3, с. 84, лемма] и русский арийский математик С. Б. Стечкин [4, с. 464, лемма 2]. Для средних Фейера $\sigma_N := R_N^1$ теоремы 1 и 2 доказал Д. Алексич [5, с. 62–64].

Для общего случая средних Зигмунда порядка $r > 0$ теоремы 1 и 2 доказали Chen Tian-ping [6] и D. Králík [7, с. 362, теорема 1] с коэффициентами $O(1)$ при $N \rightarrow +\infty$; значения коэффициентов 3 и 4 получены автором [8, с. 28–37].

Применениям теорем 1 и 2 в теории приближений посвящены обзоры на английском [9], немецком [10] и венгерском [11] языках.

В настоящей работе теорема 1 со средних Фейера и (\subseteq) Зигмунда распространяется на матричные средние.

2. Суммируемость со скоростью. С помощью комплексной двойной последовательности $(d_\nu(N))_{(N, \nu) \in Z_+ \times Z_1}$, где номер строки N принимает неотрицательные целые значения $0, 1, 2, \dots$, а номер столбца ν принимает натуральные значения $1, 2, 3, \dots$:

$$(d_\nu(N))_{(N, \nu) \in Z_+ \times Z_1} := \begin{pmatrix} d_1(0) & d_2(0) & d_3(0) & \dots \\ d_1(1) & d_2(1) & d_3(1) & \dots \\ d_1(2) & d_2(2) & d_3(2) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}_{Z_+ \times Z_1} \quad (5)$$

образуем матричные средние

$$\forall N \in Z_+ \quad M_N(1) := \sum_{n=0}^N \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_\nu(N) \left(\frac{n}{N+1} \right)^\nu \right] a_n \quad (6)$$

ряда (1) и матричные средние

$$\forall N \in Z_+ \quad M_N(2) := \sum_{n=0}^N \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_\nu(N) \left(\frac{n}{N+1} \right)^\nu \right] n^r a_n \quad (7)$$

координатного ряда (2).

Очевидно: 1) если все $d_\nu(N) = 0$, то матричные средние суть частичные суммы s_N ; 2) если $d_1(N) = 1$, а остальные $d_\nu(N) = 0$, то матричные средние суть средние Фейера σ_N ; 3) если $d_r(N) = 1$, а остальные $d_\nu(N) = 0$, то матричные средние суть средние Зигмунда Z_N^r порядка r ($\sigma_N := Z_N^1$).

Для средних В. Рогозинского [12, с. 113, (13*)] $\forall N \in Z_+ \quad R_N(1) := \sum_{n=0}^N \left[\cos \frac{\pi n}{2(N+1)} \right] a_n$ ряда (1) с помощью канонического разложения функции косинус в степенной ряд получаем, что члены двойной последовательности $(d_\nu(N))_{(N, \nu) \in Z_+ \times Z_1}$ с нечётными номерами столбцов $d_{2\nu-1}(N) = 0$, а с чётными номерами столбцов $d_{2\nu}(N) = (-1)^{\nu-1} \{1 / [(2\nu)!]\} (\pi/2)^{2\nu}$ ($\nu \in Z_1$).

Для внешне схожих с $R_N(1)$ средних С. Н. Бернштейна [13, с. 523, (2)] $\forall N \in Z_+$

$B_N(1) := \sum_{n=0}^N \left(\cos \frac{\pi n}{2N+1} \right) a_n$ ряда (1) члены двойной последовательности $(d_\nu(N))_{(N, \nu) \in Z_+ \times Z_1}$ с нечётными номерами столбцов также равны нулю: $d_{2\nu-1}(N) = 0$, а с чётными номерами столбцов уже явно зависят от номера строки N : $d_{2\nu}(N) = (-1)^{\nu-1} \{1 / [(2\nu)!]\} (\pi/2)^{2\nu} [1 + 1/(2N+1)]^{2\nu}$ ($\nu \in Z_1$).

Теорема 3. Пусть комплексная двойная последовательность (5) удовлетворяет условию

$$\sup_{N \in Z_+} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \nu |d_\nu(N)| =: A_3 < +\infty \quad (8)$$

и при натуральном $r \in Z_2 := \{2, 3, 4, \dots\}$ первые столбцы с номерами ν от 1 до $r-1$ удовлетворяют условиям

$$\exists A_4 > 0 \quad \forall N \in Z_+ \quad \forall \nu \in [1, r-1] \cap Z_1 \quad |d_\nu(N)| \leq \frac{A_4}{(N+1)^{r-\nu}} \quad (9)$$

И пусть описанная выше комплексная двойная последовательность (5) и координатный ряд (2) связаны между собой условием

$$\sup_{N \in Z_+} \left[\left(\sup_{0 \leq M \leq N} \|s_M(2)\|_{\mathbf{B}} \right) \cdot \left| \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(N) \right| \right] =: A_5 < +\infty. \quad (10)$$

Тогда из ограниченности последовательности матричных средних (7) координатного ряда (2) в банаховом пространстве \mathbf{B}

$$\sup_{N \in Z_+} \|M_N(2)\|_{\mathbf{B}} =: A_6 < +\infty \quad (11)$$

вытекает сходимость матричных средних (6) исходного ряда (1) к сумме s в пространстве \mathbf{B} со скоростью

$$\|s - M_N(1)\|_{\mathbf{B}} = O\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad N \rightarrow +\infty. \quad (12)$$

Для средних Зигмунда натурального порядка $r \in Z_1$ у двойной последовательности $(d_{\nu}(N))_{(N, \nu) \in Z_+ \times Z_1}$ столбец r -ый состоит из единиц: $\forall N \in Z_+, d_r(N) = 1$, а остальные столбцы состоят из нулей: $\forall \nu \in Z_1 \setminus \{r\} \forall N \in Z_+, d_{\nu}(N) = 0$. Поэтому условие (8) выполняется: $\forall N \in Z_+, \sum_{\nu=1}^{+\infty} \nu |d_{\nu}(N)| = r =: A_3 < +\infty$. Так как первые столбцы с номерами ν от 1 до $r-1$ состоят из нулей, то условие (9) также выполняется: $\forall N \in Z_+, \forall \nu \in [1, r-1] \cap Z_1 |d_{\nu}(N)| = 0 < \frac{1}{(N+1)^{r-\nu}}$.

Итак, средние Зигмунда натурального порядка $r = 1, 2, 3, \dots$ удовлетворяют условиям (8) и (9) теоремы 3 и в этом специальном случае постоянная A_6 в посылке (11) теоремы 3 равна постоянной A_1 в посылке теоремы 1: $A_1 = A_6$. Последнее равенство будет многократно использоваться ниже без пояснения.

3. Доказательство теоремы 3. Шаг 1. Выразим разность Коши членов последовательности $(M_N(1))_{N=0}^{+\infty}$ матричных средних (6) ряда (1) через члены последовательности $(M_N(2))_{N=0}^{+\infty}$ матричных средних (7) координатного ряда (2).

Для разности последующего и предыдущего членов последовательности $(M_N(1))_{N=0}^{+\infty}$ имеем

$$\begin{aligned} M_K(1) - M_{K-1}(1) &= \sum_{n=0}^K \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K) \left(\frac{n}{K+1} \right)^{\nu} \right] a_n - \sum_{n=0}^{K-1} \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K-1) \left(\frac{n}{K} \right)^{\nu} \right] a_n = \\ &= \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K) \left(\frac{K}{K+1} \right)^{\nu} \right] a_K + \sum_{n=0}^{K-1} \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K) \left(\frac{n}{K+1} \right)^{\nu} \right] a_n - \sum_{n=0}^{K-1} \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K-1) \left(\frac{n}{K} \right)^{\nu} \right] a_n = \\ &= \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K) \left(\frac{K}{K+1} \right)^{\nu} \right] a_K + \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[\frac{d_{\nu}(K-1)}{K^{\nu}} - \frac{d_{\nu}(K)}{(K+1)^{\nu}} \right] \sum_{n=0}^{K-1} n^{\nu} a_n. \end{aligned} \quad (13)$$

Из аналогичной (13) формулы для разности последующего и предыдущего членов последовательности $(M_N(2))_{N=0}^{+\infty}$ матричных средних (7) координатного ряда (2)

$$M_K(2) - M_{K-1}(2) = \left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K) \left(\frac{K}{K+1} \right)^{\nu} \right] K^r a_K + \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[\frac{d_{\nu}(K-1)}{K^{\nu}} - \frac{d_{\nu}(K)}{(K+1)^{\nu}} \right] \sum_{n=0}^{K-1} n^{\nu+r} a_n$$

получаем

$$\left[1 - \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_{\nu}(K) \left(\frac{K}{K+1} \right)^{\nu} \right] a_K = \frac{1}{K^r} [M_K(2) - M_{K-1}(2)] - \frac{1}{K^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[\frac{d_{\nu}(K-1)}{K^{\nu}} - \frac{d_{\nu}(K)}{(K+1)^{\nu}} \right] \sum_{n=0}^{K-1} n^{\nu+r} a_n. \quad (14)$$

Подстановка (14) в (13) даёт

$$\begin{aligned} M_K(1) - M_{K-1}(1) &= \frac{1}{K^r} [M_K(2) - M_{K-1}(2)] - \frac{1}{K^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[\frac{d_{\nu}(K-1)}{K^{\nu}} - \frac{d_{\nu}(K)}{(K+1)^{\nu}} \right] \sum_{n=0}^{K-1} n^{\nu+r} a_n + \\ &+ \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[\frac{d_{\nu}(K-1)}{K^{\nu}} - \frac{d_{\nu}(K)}{(K+1)^{\nu}} \right] \sum_{n=0}^{K-1} n^{\nu} a_n = \\ &= \frac{1}{K^r} [M_K(2) - M_{K-1}(2)] + \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[\frac{d_{\nu}(K-1)}{K^{\nu}} - \frac{d_{\nu}(K)}{(K+1)^{\nu}} \right] \sum_{n=0}^{K-1} \left[1 - \left(\frac{n}{K} \right)^r \right] n^{\nu} a_n. \end{aligned} \quad (15)$$

Просуммируем разности (15) по K от $N+1$ до P :

$$\begin{aligned} M_P(1) - M_N(1) &= \sum_{K=N+1}^P [M_K(1) - M_{K-1}(1)] \stackrel{(10)}{=} \\ &= \sum_{K=N+1}^{P-1} \frac{1}{K^r} [M_K(2) - M_{K-1}(2)] + \sum_{K=N+1}^P \sum_{v=1}^{+\infty} \left[\frac{d_v(K-1)}{K^v} - \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \right] \sum_{n=0}^{K-1} \left[1 - \left(\frac{n}{K} \right)^r \right] n^v a_n. \end{aligned}$$

В предыдущем равенстве правую часть преобразуем по методу Абеля:

$$\begin{aligned} M_P(1) - M_N(1) &= \sum_{K=N+1}^P \frac{1}{K^r} M_K(2) - \sum_{K=N}^{P-1} \frac{1}{(K+1)^r} M_K(2) + \\ &+ \sum_{K=N}^{P-1} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=0}^K \left[1 - \left(\frac{n}{K+1} \right)^r \right] n^v a_n - \sum_{K=N+1}^P \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=0}^{K-1} \left[1 - \left(\frac{n}{K} \right)^r \right] n^v a_n = \\ &= \frac{1}{P^r} M_P(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] M_K(2) - \frac{1}{(N+1)^r} M_N(2) + \\ &+ \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] n^v a_n + \\ &+ \sum_{K=N+1}^{P-1} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \left\{ \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] K^v a_K + \sum_{n=0}^{K-1} \left[\left(\frac{n}{K} \right)^r - \left(\frac{n}{K+1} \right)^r \right] n^v a_n \right\} - \\ &- \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=0}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{n}{P} \right)^r \right] n^v a_n. \end{aligned}$$

Отсюда получаем первое стартовое представление ($P > N+1$):

$$\begin{aligned} M_P(1) - M_N(1) &= \frac{1}{P^r} M_P(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] M_K(2) - \frac{1}{(N+1)^r} M_N(2) + \\ &+ \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=0}^N n^v a_n - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=0}^N n^v \cdot n^r a_n + \\ &+ \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] a_K \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K}{K+1} \right)^v d_v(K) + \\ &+ \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=0}^{K-1} n^v \cdot n^r a_n - \\ &- \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=0}^{P-1} n^v a_n + \frac{1}{P^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=0}^{P-1} n^v \cdot n^r a_n. \end{aligned} \quad (16)$$

Шаг 2. У матрицы (5) в специальном случае средних Зигмунда натурального порядка r -ый ($r \in Z_1$) столбец состоит из единиц: $\forall N \in Z_+$ $d_r(N) = 1$, а остальные столбцы состоят из нулей: $\forall v \in Z_1 \setminus \{r\} \quad \forall N \in Z_+$ $d_v(N) = 0$. Поэтому предыдущее представление (16) с учётом определений (3) и (4) принимает вид

$$\begin{aligned} Z_P^r(1) - Z_N^r(1) &= \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] Z_K^r(2) - \frac{1}{(N+1)^r} Z_N^r(2) + \\ &+ \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^N n^r a_n - \frac{1}{(N+1)^r} \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^N n^r \cdot n^r a_n + \\ &+ \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] a_K \left(\frac{K}{K+1} \right)^r + \\ &+ \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{1}{(K+1)^r} \sum_{n=0}^{K-1} n^r \cdot n^r a_n - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{1}{(P+1)^r} \sum_{n=0}^{P-1} n^r a_n + \frac{1}{P^r} \frac{1}{(P+1)^r} \sum_{n=0}^{P-1} n^r \cdot n^r a_n = \\
& = \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] Z_K^r(2) - \frac{1}{(N+1)^r} Z_N^r(2) + \\
& + \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^N \left[1 - \left(\frac{n}{N+1} \right)^r \right] n^r a_n + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] a_K \left(\frac{K}{K+1} \right)^r + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^{K-1} \left(\frac{n}{K+1} \right)^r n^r a_n - \frac{1}{(P+1)^r} \sum_{n=0}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{n}{P} \right)^r \right] n^r a_n \stackrel{(4)}{=} \\
& \stackrel{(4)}{=} \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] Z_K^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] a_K \left(\frac{K}{K+1} \right)^r + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^{K-1} \left(\frac{n}{K+1} \right)^r n^r a_n - \frac{1}{(P+1)^r} Z_{P-1}^r(2). \tag{17}
\end{aligned}$$

Для предпоследней компоненты правой части (17) имеем

$$\begin{aligned}
& \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^{K-1} \left(\frac{n}{K+1} \right)^r n^r a_n = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \left\{ - \sum_{n=0}^K \left[1 - \left(\frac{n}{K+1} \right)^r \right] n^r a_n - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r K^r a_K + \sum_{n=0}^K n^r a_n \right\} \stackrel{(4)}{=} \\
& \stackrel{(4)}{=} \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \left\{ - Z_K^r(2) - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r K^r a_K + \sum_{n=0}^K n^r a_n \right\} = \\
& = - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] Z_K^r(2) - \sum_{K=N+1}^{P-1} \frac{1}{K^r} \left(\frac{K}{K+1} \right)^r K^r a_K + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \frac{1}{(K+1)^r} \left(\frac{K}{K+1} \right)^r K^r a_K + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^K n^r a_n = \\
& = - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] Z_K^r(2) - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left(\frac{K}{K+1} \right)^r a_K + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left(\frac{K}{K+1} \right)^{2r} a_K + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^K n^r a_n = \\
& = - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] Z_K^r(2) - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] a_K \left(\frac{K}{K+1} \right)^r + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^K n^r a_n. \tag{18}
\end{aligned}$$

Подстановка (18) в (17) приводит к

$$Z_P^r(1) - Z_N^r(1) = \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{n=0}^K n^r a_n - \frac{1}{(P+1)^r} Z_{P-1}^r(2). \tag{19}$$

Из определения (4), помня, что индекс суммирования «немой», по методу Абеля получаем

$$\begin{aligned}
Z_N^r(2) & = \sum_{n=0}^N n^r a_n - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^N n^r \cdot n^r a_n = \\
& = \sum_{m=0}^N m^r a_m - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^N n^r \cdot \left(\sum_{m=0}^n m^r a_m - \sum_{m=0}^{n-1} m^r a_m \right) = \\
& = \sum_{m=0}^N m^r a_m - \frac{1}{(N+1)^r} \left[\sum_{n=0}^N n^r \sum_{m=0}^n m^r a_m - \sum_{n=0}^{N-1} (n+1)^r \sum_{m=0}^n m^r a_m \right] = \\
& = \sum_{m=0}^N m^r a_m - \frac{1}{(N+1)^r} \left\{ N^r \sum_{m=0}^N m^r a_m + \sum_{n=0}^{N-1} [n^r - (n+1)^r] \sum_{m=0}^n m^r a_m \right\} =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{m=0}^N m^r a_m - \left(\frac{N}{N+1}\right)^r \sum_{m=0}^N m^r a_m + \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^{N-1} [(n+1)^r - n^r] \sum_{m=0}^n m^r a_m = \\
&= \frac{1}{(N+1)^r} [(N+1)^r - N^r] \sum_{m=0}^N m^r a_m + \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^{N-1} [(n+1)^r - n^r] \sum_{m=0}^n m^r a_m = \\
&= \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{n=0}^N [(n+1)^r - n^r] \sum_{m=0}^n m^r a_m .
\end{aligned}$$

Отсюда имеем

$$\begin{aligned}
(N+1)^r Z_N^r(2) &= \sum_{n=0}^N [(n+1)^r - n^r] \sum_{m=0}^n m^r a_m = \\
&= [(N+1)^r - N^r] \sum_{m=0}^N m^r a_m + \sum_{n=0}^{N-1} [(n+1)^r - n^r] \sum_{m=0}^n m^r a_m = \\
&= [(N+1)^r - N^r] \sum_{m=0}^N m^r a_m + N^r Z_{N-1}^r(2).
\end{aligned}$$

Стало быть,

$$\forall K \in Z_+ \quad \sum_{n=0}^K n^r a_n = \frac{(K+1)^r Z_K^r(2) - K^r Z_{K-1}^r(2)}{(K+1)^r - K^r}. \quad (20)$$

Подставляем (20) в (19) и результат преобразуем по методу Абеля:

$$\begin{aligned}
Z_P^r(1) - Z_N^r(1) &= \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \frac{(K+1)^r - K^r}{K^r (K+1)^r} \frac{(K+1)^r Z_K^r(2) - K^r Z_{K-1}^r(2)}{(K+1)^r - K^r} \frac{1}{(P+1)^r} Z_{P-1}^r(2) = \\
&= \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} Z_K^r(2) - \frac{1}{(K+1)^r} Z_{K-1}^r(2) \right] \frac{1}{(P+1)^r} Z_{P-1}^r(2) = \\
&= \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \frac{1}{K^r} Z_K^r(2) - \sum_{K=N}^{P-2} \frac{1}{(K+2)^r} Z_K^r(2) - \frac{1}{(P+1)^r} Z_{P-1}^r(2) = \\
&= \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+2)^r} \right] Z_K^r(2) - \frac{1}{(N+2)^r} Z_N^r(2).
\end{aligned}$$

Таким образом, из первого стартового представления (16) в специальном случае средних Зигмунда натурального порядка $r=1, 2, 3, \dots$ имеем известное [7, с. 363; 8, с. 30] представление для разности Коши ($P > N+1$):

$$Z_P^r(1) - Z_N^r(1) = \frac{1}{P^r} Z_P^r(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+2)^r} \right] Z_K^r(2) - \frac{1}{(N+2)^r} Z_N^r(2).$$

Шаг 3. Работаем с четвёртой и предпоследней восьмой компонентами правой части первого стартового представления (16).

По методу Абеля имеем

$$\begin{aligned}
\sum_{n=0}^N n^v a_n &= \sum_{n=1}^N n^v a_n = \sum_{n=1}^N n^{v-r} \cdot n^r a_n = \sum_{n=1}^N n^{v-r} \cdot \left(\sum_{m=0}^n m^r a_m - \sum_{m=0}^{n-1} m^r a_m \right) = \\
&= \sum_{n=1}^N n^{v-r} \sum_{m=0}^n m^r a_m - \sum_{n=0}^{N-1} (n+1)^{v-r} \sum_{m=0}^n m^r a_m = \\
&= N^{v-r} \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} [(n+1)^{v-r} - n^{v-r}] \sum_{m=0}^n m^r a_m - (0+1)^{v-r} \sum_{m=0}^0 m^r a_m = \\
&= N^{v-r} \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} [(n+1)^{v-r} - n^{v-r}] \sum_{m=0}^n m^r a_m .
\end{aligned}$$

В последнюю компоненту правой части предыдущего равенства подставляем соотношения (20) и полученный результат преобразуем по методу Абеля:

$$\sum_{n=1}^N n^v a_n \stackrel{(20)}{=} N^{v-r} \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} [(n+1)^{v-r} - n^{v-r}] \frac{(n+1)^r Z_n^r(2) - n^r Z_{n-1}^r(2)}{(n+1)^r - n^r} =$$

$$\begin{aligned}
&= N^{v-r} \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} \frac{(n+1)^{v-r} - n^{v-r}}{(n+1)^r - n^r} (n+1)^r Z_n^r(2) + \sum_{n=0}^{N-2} \frac{(n+2)^{v-r} - (n+1)^{v-r}}{(n+2)^r - (n+1)^r} (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
&= N^{v-r} \sum_{m=0}^N m^r a_m - \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \\
&+ \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(n+2)^{v-r} - (n+1)^{v-r}}{(n+2)^r - (n+1)^r} - \frac{(n+1)^{v-r} - n^{v-r}}{(n+1)^r - n^r} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) + \frac{(0+2)^{v-r} - (0+1)^{v-r}}{(0+2)^r - (0+1)^r} (0+1)^r Z_0^r(2) = \\
&= N^{v-r} s_N(2) - \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2),
\end{aligned}$$

где 1) по определению $\forall N \in \mathbb{Z}_+$ $\sum_{m=0}^N m^r a_m =: s_N(2)$ и, очевидно, что частичная сумма порядка 0 координатного

ряда (2) $s_0(2) := \sum_{m=0}^0 m^r a_m = 0$, 2) по определению двойная подстановка $h(u) \Big|_{u=n}^{u=n+1} := h(n+1) - h(u)$, 3) среднее

Зигмунда порядка 0 координатного ряда (2) $Z_0^r(2) := \sum_{n=0}^0 \left[1 - \left(\frac{n}{0+1} \right)^r \right] n^r a_n = 0$.

Таким образом, двукратным применением преобразования Абеля мы получили следующие соотношения: $\forall N \in \mathbb{Z}_1$

$$\sum_{n=1}^N n^v a_n = N^{v-r} s_N(2) - \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2), \quad (21)$$

где средние Зигмунда отрицательного порядка по определению суть нули.

С помощью соотношений (21) для четвёртой компоненты правой части первого стартового представления (16) получаем

$$\begin{aligned}
&\sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=0}^N n^v a_n \stackrel{(21)}{=} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^N n^v a_n \stackrel{(21)}{=} \\
&\stackrel{(21)}{=} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \left\{ N^{v-r} s_N(2) - \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \right. \\
&\quad \left. + \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) \right\} = \\
&= \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{N}{N+1} \right)^v d_v(N) - \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) + \\
&\quad + \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
&= \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{N}{N+1} \right)^v \right] d_v(N) - \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) + \\
&\quad + \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
&= \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(N) - \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{N}{N+1} \right)^v \right] d_v(N) - \\
&\quad - \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) +
\end{aligned}$$

$$+ \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \quad (22)$$

Аналогично предыдущему для предпоследней восьмой компоненты правой части первого стартового представления (16) получаем

$$\begin{aligned} & - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=0}^{P-1} n^v a_n = - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-1} n^v a_n \stackrel{(21)}{=} \\ & \stackrel{(21)}{=} - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \left\{ (P-1)^{v-r} s_{P-1}(2) - \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P-1)^r - (P-2)^r} (P-1)^r Z_{P-2}^r(2) + \right. \\ & \quad \left. + \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) \right\} = \\ & = - \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v d_v(P) + \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P+1)^v} d_v(P) - \\ & \quad - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\ & = - \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) + \\ & \quad + \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P+1)^v} d_v(P) - \\ & \quad - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\ & = - \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) + \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) + \\ & \quad + \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P+1)^v} d_v(P) - \\ & \quad - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \quad (23) \end{aligned}$$

Шаг 4. Сейчас работаем с пятой и последней девятой компонентами правой части первого стартового представления (16).

Также по методу Абеля имеем

$$\begin{aligned} \sum_{n=0}^N n^v \cdot n^r a_n &= \sum_{n=1}^N n^v \cdot n^r a_n = \sum_{n=1}^N n^v \cdot \left(\sum_{m=0}^n m^r a_m - \sum_{m=0}^{n-1} m^r a_m \right) = \\ &= \sum_{n=1}^N n^v \sum_{m=0}^n m^r a_m - \sum_{n=0}^{N-1} (n+1)^v \sum_{m=0}^n m^r a_m = \\ &= N^v \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} [(n+1)^v - n^v] \sum_{m=0}^n m^r a_m - (0+1)^v \sum_{m=0}^0 m^r a_m = \\ &= N^v \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} [(n+1)^v - n^v] \sum_{m=0}^n m^r a_m. \end{aligned}$$

Подставляем соотношения (20) в последнюю компоненту правой части предыдущего равенства и полученный результат преобразуем по методу Абеля:

$$\sum_{n=0}^N n^v \cdot n^r a_n \stackrel{(20)}{=} N^v \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} [(n+1)^v - n^v] \frac{(n+1)^r Z_n^r(2) - n^r Z_{n-1}^r(2)}{(n+1)^r - n^r} =$$

$$\begin{aligned}
&= N^\nu \sum_{m=0}^N m^r a_m - \sum_{n=1}^{N-1} \frac{(n+1)^\nu - n^\nu}{(n+1)^r - n^r} (n+1)^r Z_n^r(2) + \sum_{n=0}^{N-2} \frac{(n+2)^\nu - (n+1)^\nu}{(n+2)^r - (n+1)^r} (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
&= N^\nu \sum_{m=0}^N m^r a_m - \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \\
&+ \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(n+2)^\nu - (n+1)^\nu}{(n+2)^r - (n+1)^r} - \frac{(n+1)^\nu - n^\nu}{(n+1)^r - n^r} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) + \frac{(0+2)^\nu - (0+1)^\nu}{(0+2)^r - (0+1)^r} (0+1)^r Z_0^r(2) = \\
&= N^\nu s_N(2) - \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^\nu - u^\nu}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2).
\end{aligned}$$

Стало быть, по схеме предыдущего шага 3 двукратным применением преобразования Абеля мы получили следующие соотношения: $\forall N \in \mathbb{Z}_+$

$$\sum_{n=0}^N n^\nu \cdot n^r a_n = N^\nu s_N(2) - \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^\nu - u^\nu}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \quad (24)$$

Nota bene, соотношения (24) справедливы $\forall N \in \mathbb{Z}_+$, а соотношения (21) справедливы $\forall N \in \mathbb{Z}_1$. Последнее ограничение позволяет избежать в правой части (21) нулей в отрицательной степени.

Для пятой компоненты правой части первого стартового представления (16) с помощью соотношений (24) получаем

$$\begin{aligned}
&-\frac{1}{(N+1)^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(N)}{(N+1)^\nu} \sum_{n=0}^N n^\nu \cdot n^r a_n \stackrel{(24)}{=} -\frac{1}{(N+1)^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(N)}{(N+1)^\nu} \left\{ N^\nu s_N(2) - \right. \\
&\quad \left. - \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{N^r - (N-1)^r} N^r Z_{N-1}^r(2) + \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^\nu - u^\nu}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) \right\} = \\
&= -\frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left(\frac{N}{N+1} \right)^\nu d_\nu(N) + \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{(N+1)^\nu} d_\nu(N) - \\
&\quad - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(N)}{(N+1)^\nu} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^\nu - u^\nu}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
&\quad = -\frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{N}{N+1} \right)^\nu \right] d_\nu(N) + \\
&\quad + \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{(N+1)^\nu} d_\nu(N) - \\
&\quad - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(N)}{(N+1)^\nu} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^\nu - u^\nu}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
&= -\frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} d_\nu(N) + \frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{N}{N+1} \right)^\nu \right] d_\nu(N) + \\
&\quad + \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{N^\nu - (N-1)^\nu}{(N+1)^\nu} d_\nu(N) - \\
&\quad - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(N)}{(N+1)^\nu} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^\nu - u^\nu}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \quad (25)
\end{aligned}$$

Аналогично предыдущему для последней девятой компоненты правой части первого стартового представления (16) получаем

$$\frac{1}{P^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(P)}{(P+1)^\nu} \sum_{n=0}^{P-1} n^\nu \cdot n^r a_n \stackrel{(24)}{=} \frac{1}{P^r} \sum_{\nu=1}^{+\infty} \frac{d_\nu(P)}{(P+1)^\nu} \left\{ (P-1)^\nu s_{P-1}(2) - \right.$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P-1)^r - (P-2)^r} (P-1)^r Z_{P-2}^r(2) + \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) \Big\} = \\
& = \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v d_v(P) - \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P+1)^v} d_v(P) + \\
& \quad + \frac{1}{P^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
& \quad = \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) - \\
& \quad - \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P+1)^v} d_v(P) + \\
& \quad + \frac{1}{P^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
& \quad = \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) - \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) - \\
& \quad - \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P+1)^v} d_v(P) + \\
& \quad + \frac{1}{P^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \tag{26}
\end{aligned}$$

Шаг 5. Преобразуем по методу Абеля шестую компоненту правой части первого стартового представления (16):

$$\begin{aligned}
& \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] a_K \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K}{K+1} \right)^v d_v(K) \stackrel{\text{Nota bene}}{=} \\
& \stackrel{\text{Nota bene}}{=} \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^r \right] \frac{1}{K^r} \left(\sum_{n=0}^K n^r a_n - \sum_{n=0}^{K-1} n^r a_n \right) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K}{K+1} \right)^v d_v(K) = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \left(\sum_{n=0}^K n^r a_n - \sum_{n=0}^{K-1} n^r a_n \right) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K}{K+1} \right)^v d_v(K) = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K}{K+1} \right)^v d_v(K) - \\
& \quad - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K}{K+1} \right)^v d_v(K) = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& \quad - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) - \\
& \quad - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K), \tag{27}
\end{aligned}$$

где, напоминаем, по определению $\forall K \in Z_+ \sum_{n=0}^K n^r a_n =: s_K(2)$.

Шаг 6. Подставляем соотношения (24) в оставшуюся седьмую компоненту правой части первого стартового представления (16):

$$\begin{aligned}
& \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=0}^{K-1} n^v \cdot n^r a_n \stackrel{(24)}{=} \\
& \stackrel{(24)}{=} \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \left\{ (K-1)^v s_{K-1}(2) - \right. \\
& \left. - \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K-1)^r - (K-2)^r} (K-1)^r Z_{K-2}^r(2) + \sum_{n=1}^{K-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) \right\} = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K-1}{K+1} \right)^v d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{(K-1)^r - (K-2)^r} Z_{K-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K+1)^v} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=1}^{K-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - 1 + \left(\frac{K-1}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{(K-1)^r - (K-2)^r} Z_{K-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K+1)^v} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=1}^{K-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K-1}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{(K-1)^r - (K-2)^r} Z_{K-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K+1)^v} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=1}^{K-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2). \tag{28}
\end{aligned}$$

Шаг 7. Первое стартовое представление (16) после подстановки в него последовательно соотношений (22), (25), (27), (28), (23) и (26) примет следующий вид ($P > N + 1$):

$$\begin{aligned}
M_P(1) - M_N(1) &= \frac{1}{P^r} M_P(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] M_K(2) - \frac{1}{(N+1)^r} M_N(2) + \\
& + \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(N) - \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{N}{N+1} \right)^v \right] d_v(N) -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) + \\
& + \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) - \\
& - \frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(N) + \frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{N}{N+1} \right)^v \right] d_v(N) + \\
& + \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^v - (N-1)^v}{(N+1)^v} d_v(N) - \\
& - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K-1}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{(K-1)^r - (K-2)^r} Z_{K-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K+1)^v} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=1}^{K-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) - \\
& - \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) + \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) + \\
& + \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P+1)^v} d_v(P) - \\
& - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) + \\
& + \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) - \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) - \\
& - \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P+1)^v} d_v(P) + \\
& + \frac{1}{P^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \tag{29}
\end{aligned}$$

Из (29) с учётом очевидных равенств

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(N) - \frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(N) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) = \\
& = \sum_{K=N}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K), \\
& - \frac{1}{N^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{N}{N+1} \right)^v \right] d_v(N) + \frac{1}{(N+1)^r} s_N(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{N}{N+1} \right)^v \right] d_v(N) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) = \\
& = - \sum_{K=N}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K), \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) = 0, \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K-1}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) = \\
& = - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{K^v - (K-1)^v}{(K+1)^v} d_v(K), \\
& - \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) + \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) = \\
& = - \left[\frac{1}{(P-1)^r} - \frac{1}{P^r} \right] s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P)
\end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{(P-1)^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) - \frac{1}{P^r} s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) = \\
& = \left[\frac{1}{(P-1)^r} - \frac{1}{P^r} \right] s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P)
\end{aligned}$$

получаем первое рабочее соотношение ($P > N+1$):

$$\begin{aligned}
M_P(1) - M_N(1) &= \frac{1}{P^r} M_P(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] M_K(2) - \frac{1}{(N+1)^r} M_N(2) - \\
& - \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) + \\
& + \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) + \\
& + \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^v - (N-1)^v}{(N+1)^v} d_v(N) - \\
& - \frac{1}{(N+1)^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{K=N}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_K(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{K}{K+1} \right)^v \right] d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] s_{K-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{K^v - (K-1)^v}{(K+1)^v} d_v(K) - \\
& - \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{(K-1)^r - (K-2)^r} Z_{K-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K+1)^v} d_v(K) + \\
& + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(K)}{(K+1)^v} \sum_{n=1}^{K-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) + \\
& + \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P+1)^v} d_v(P) - \\
& - \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) - \\
& - \left[\frac{1}{(P-1)^r} - \frac{1}{P^r} \right] s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} d_v(P) + \left[\frac{1}{(P-1)^r} - \frac{1}{P^r} \right] s_{P-1}(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \left[1 - \left(\frac{P-1}{P+1} \right)^v \right] d_v(P) - \\
& - \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P+1)^v} d_v(P) + \\
& + \frac{1}{P^r} \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(P)}{(P+1)^v} \sum_{n=1}^{P-3} \left[\frac{(u+1)^v - u^v}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2). \tag{30}
\end{aligned}$$

Шаг 8. Для нормы первых трёх компонент правой части (30) в силу посылки (11) теоремы 3 имеем

$$\begin{aligned}
& \left\| \frac{1}{P^r} M_P(2) + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] M_K(2) - \frac{1}{(N+1)^r} M_N(2) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\
& \leq A_6 \left\{ \frac{1}{P^r} + \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] + \frac{1}{(N+1)^r} \right\} = \frac{2A_6}{(N+1)^r}. \tag{31}
\end{aligned}$$

Шаг 9. Четвёртую компоненту правой части (30) разбиваем на две:

$$\begin{aligned}
& - \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) = \\
& = \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{r-1} \left[\frac{1}{(N-1)^{r-v}} - \frac{1}{N^{r-v}} \right] \frac{1}{(N+1)^v} d_v(N) - \\
& - \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=r+1}^{+\infty} \left[N^{v-r} - (N-1)^{v-r} \right] \frac{d_v(N)}{(N+1)^v}. \tag{32}
\end{aligned}$$

Из формулы Ньютона — Лейбница

$$N^{v-r} - (N-1)^{v-r} = (v-r) \int_{N-1}^N t^{v-r-1} dt \quad (v \neq r)$$

получаем две оценки сверху:

$$\forall v \in [1, r-1] \cap Z_1 \quad \frac{1}{(N-1)^{r-v}} - \frac{1}{N^{r-v}} \leq \frac{r-v}{(N-1)^{r-v+1}}, \tag{33}$$

$$\forall v \in [r+1, +\infty) \cap Z_1 \quad N^{v-r} - (N-1)^{v-r} \leq (v-r) N^{v-r-1}, \tag{34}$$

а из формулы Ньютона — Лейбница

$$N^v - (N-1)^v = v \int_{N-1}^N t^{v-1} dt \quad (v \neq 0)$$

получаем двусторонние оценки

$$\forall v \in Z_1 \quad v(N-1)^{v-1} \leq N^v - (N-1)^v \leq vN^{v-1}. \quad (35)$$

Для нормы первой компоненты правой части (32) в силу левого неравенства (35), посылки (11), оценки сверху (33) и условия (9) имеем оценку

$$\begin{aligned} \forall N \in Z_2 \quad & \left\| \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r (2) \sum_{v=1}^{r-1} \left[\frac{1}{(N-1)^{r-v}} - \frac{1}{N^{r-v}} \right] \frac{1}{(N+1)^v} d_v(N) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\ & \leq \frac{N^r}{r(N-1)^{r-1}} A_1 \sum_{v=1}^{r-1} \frac{r-v}{(N-1)^{r-v+1}} \frac{1}{(N+1)^v} \frac{A_4}{(N+1)^{r-v}} = \\ & = A_1 A_4 \frac{N^r}{r(N-1)^r (N+1)^r} \sum_{v=1}^{r-1} \frac{r-v}{(N-1)^{r-v}} \leq A_1 A_4 \frac{N^r}{r(N-1)^r (N+1)^r} (r-1) \sum_{v=1}^{r-1} \frac{1}{(N-1)^{r-v}} \leq \\ & \leq A_1 A_4 \frac{N^r}{r(N-1)^r (N+1)^r} (r-1)^2 = A_1 A_4 \left(1 - \frac{1}{r}\right) (r-1) \left(1 + \frac{1}{N-1}\right)^r \frac{1}{(N+1)^r} \leq \frac{2^r (r-1) A_1 A_4}{(N+1)^r}. \end{aligned} \quad (36)$$

Аналогично для нормы второй (последней) компоненты правой части (32) в силу левого неравенства (35), посылки (11), оценки сверху (34) и условия (8) получаем оценку

$$\begin{aligned} \forall N \in Z_2 \quad & \left\| \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r (2) \sum_{v=r+1}^{+\infty} \left[N^{v-r} - (N-1)^{v-r} \right] \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\ & \leq \frac{N^r}{r(N-1)^{r-1}} A_1 \sum_{v=r+1}^{+\infty} (v-r) N^{v-r-1} \frac{|d_v(N)|}{(N+1)^v} = \\ & = \frac{N^r}{r(N-1)^{r-1} (N+1)^{r+1}} A_1 \sum_{v=r+1}^{+\infty} (v-r) \left(\frac{N}{N+1}\right)^{v-r-1} |d_v(N)| \leq \\ & \leq \frac{1}{r} \left(1 + \frac{1}{N-1}\right)^{r-1} \frac{N}{N+1} \frac{A_1}{(N+1)^r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} v |d_v(N)| \leq \frac{2^{r-1} A_1 A_3}{r(N+1)^r}. \end{aligned} \quad (37)$$

Из (32), (36) и (37) для нормы четвёртой компоненты правой части (30) имеем оценку

$$\begin{aligned} \forall N \in Z_2 \quad & \left\| \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r (2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^{v-r} - (N-1)^{v-r}}{(N+1)^v} d_v(N) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\ & \leq 2^r A_1 \left[(r-1) A_4 + \frac{1}{2r} A_3 \right] \frac{1}{(N+1)^r}. \end{aligned} \quad (38)$$

Для нормы тринадцатой компоненты правой части (30) аналогично предыдущему получаем оценку

$$\begin{aligned} \forall P \in Z_3 := \{3, 4, 5, \dots\} \quad & \left\| \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r (2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^{v-r} - (P-2)^{v-r}}{(P+1)^v} d_v(P) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\ & \leq \frac{(P-1)^r}{r(P-2)^{r-1}} A_1 \sum_{v=1}^{r-1} \frac{r-v}{(P-2)^{r-v+1}} \frac{1}{(P+1)^v} \frac{A_4}{(P+1)^{r-v}} + \\ & + \frac{(P-1)^r}{r(P-2)^{r-1} (P+1)^{r+1}} A_1 \sum_{v=r+1}^{+\infty} (v-r) \left(\frac{P-1}{P+1}\right)^{v-r-1} |d_v(N)| \leq \\ & \leq A_1 A_4 \frac{(P-1)^r}{r(P-2)^r (P+1)^r} (r-1) \sum_{v=1}^{r-1} \frac{1}{(P-2)^{r-v}} + \\ & + \frac{1}{r} \left(1 + \frac{1}{P-2}\right)^{r-1} \frac{P-1}{P+1} \frac{A_1}{(P+1)^r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} v |d_v(N)| \leq \\ & \leq A_1 A_4 \left(1 - \frac{1}{r}\right) (r-1) \left(1 + \frac{1}{P-2}\right)^r \frac{1}{(P+1)^r} + \frac{2^{r-1} A_1 A_3}{r(P+1)^r} \leq \\ & \leq 2^r A_1 \left[(r-1) A_4 + \frac{1}{2r} A_3 \right] \frac{1}{(P+1)^r}. \end{aligned} \quad (39)$$

Шаг 10. Для нормы шестой компоненты правой части (30) в силу последовательно левого и правого неравенства (35), посылки (11) и условия (8) имеем оценку

$$\begin{aligned}
\forall N \in Z_2 \quad & \left\| \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{N^r - (N-1)^r} Z_{N-1}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{N^v - (N-1)^v}{(N+1)^v} d_v(N) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\
& \leq \frac{1}{(N+1)^r} \frac{N^r}{r(N-1)^{r-1}} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{vN^{v-1}}{(N+1)^v} |d_v(N)| = \\
& = \frac{1}{(N+1)^r} \frac{1}{r} \left(1 + \frac{1}{N-1}\right)^{r-1} \frac{N}{N+1} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{N}{N+1}\right)^{v-1} v |d_v(N)| \leq \\
& \leq \frac{1}{(N+1)^r} \frac{2^{r-1}}{r} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} v |d_v(N)| \leq \frac{2^{r-1} A_1 A_3}{r(N+1)^r}. \tag{40}
\end{aligned}$$

Для нормы семнадцатой компоненты правой части (30) аналогично предыдущему получаем оценку

$$\begin{aligned}
\forall P \in Z_3 \quad & \left\| \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{(P-1)^r - (P-2)^r} Z_{P-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(P-1)^v - (P-2)^v}{(P+1)^v} d_v(P) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\
& \leq \frac{1}{P^r} \frac{(P-1)^r}{r(P-2)^{r-1}} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{v(P-1)^{v-1}}{(P+1)^v} |d_v(N)| = \\
& = \frac{1}{P^r} \frac{1}{r} \left(1 + \frac{1}{P-2}\right)^{r-1} \frac{P-1}{P+1} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{P-1}{P+1}\right)^{v-1} v |d_v(N)| \leq \\
& \leq \frac{1}{P^r} \frac{2^{r-1}}{r} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} v |d_v(N)| \leq \frac{2^{r-1} A_1 A_3}{rP^r}. \tag{41}
\end{aligned}$$

Шаг 11. Для нормы одиннадцатой компоненты правой части (30) в силу последовательно левого и правого неравенства (35), посылки (11) и условия (8) имеем оценку ($P > N+1$)

$$\begin{aligned}
\forall N \in Z_2 \quad & \left\| \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{(K-1)^r - (K-2)^r} Z_{K-2}^r(2) \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{(K-1)^v - (K-2)^v}{(K+1)^v} d_v(K) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\
& \leq \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{(K-1)^r}{r(K-2)^{r-1}} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{v(K-1)^{v-1}}{(K+1)^v} |d_v(K)| = \\
& = \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{1}{r} \left(1 + \frac{1}{K-2}\right)^{r-1} \frac{K-1}{K+1} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} \left(\frac{K-1}{K+1}\right)^{v-1} v |d_v(K)| \leq \\
& \leq \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] \frac{2^{r-1}}{r} A_1 \sum_{v=1}^{+\infty} v |d_v(K)| \leq \\
& \leq \frac{2^{r-1}}{r} A_1 A_3 \sum_{K=N+1}^{P-1} \left[\frac{1}{K^r} - \frac{1}{(K+1)^r} \right] = \frac{2^{r-1}}{r} A_1 A_3 \left[\frac{1}{(N+1)^r} - \frac{1}{P^r} \right]. \tag{42}
\end{aligned}$$

Шаг 12. Пятую компоненту правой части (30) разбиваем на две:

$$\begin{aligned}
& \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) = \\
& = - \sum_{v=1}^{r-1} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left\{ \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right\}_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2) + \\
& + \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \right]_{u=n}^{u=n+1} (n+1)^r Z_n^r(2). \tag{43}
\end{aligned}$$

По формуле Ньютона—Лейбница

$$\left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} = \int_n^{n+1} \left\{ \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right\}' du. \tag{44}$$

Производная

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right\}' = \\
 & = \left[-\frac{r-v}{u^{r-v+1}} + \frac{r-v}{(u+1)^{r-v+1}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} + \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \cdot \frac{-r[(u+1)^{r-1} - u^{r-1}]}{[(u+1)^r - u^r]^2} = \\
 & = -(r-v) \left[\frac{1}{u^{r-v+1}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v+1}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} - r \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{(u+1)^{r-1} - u^{r-1}}{[(u+1)^r - u^r]^2} < 0.
 \end{aligned}$$

Для модуля предыдущей (отрицательной) производной с помощью оценки сверху (33) и двусторонней оценки (35) получаем следующую оценку:

$$\begin{aligned}
 & \left| \left\{ \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right\}' \right| \leq (r-v) \frac{r-v+1}{u^{r-v+2}} \frac{1}{ru^{r-1}} + r \frac{r-v}{u^{r-v+1}} \frac{(r-1)(u+1)^{r-2}}{(ru^{r-1})^2} = \\
 & = \frac{(r-v)(r-v+1)}{r} \frac{1}{u^{2r-v+1}} + \frac{(r-v)(r-1)}{r} \frac{(u+1)^{r-2}}{u^{3r-v-1}} = \frac{r-v}{r} \left[\frac{r-v+1}{u^{2r-v+1}} + \left(\frac{u+1}{u} \right)^{r-2} \frac{r-1}{u^{2r-v+1}} \right] = \\
 & = \frac{r-v}{r} \left[\frac{r-v+1}{u^{2r-v+1}} + \left(1 + \frac{1}{u} \right)^{r-2} \frac{r-1}{u^{2r-v+1}} \right] \leq \frac{r-v}{r} \left(\frac{r-v+1}{u^{2r-v+1}} + 2^{r-2} \frac{r-1}{u^{2r-v+1}} \right) = \\
 & = \frac{(r-v)[r-v+1+2^{r-2}(r-1)]}{ru^{2r-v+1}}. \tag{45}
 \end{aligned}$$

Из формулы Ньютона—Лейбница (44) с помощью неравенства (45) имеем следующую оценку модуля двойной подстановки:

$$\begin{aligned}
 & \left| \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right|_{u=n}^{u=n+1} \leq \int_n^{n+1} \frac{(r-v)[r-v+1+2^{r-2}(r-1)]}{ru^{2r-v+1}} du \leq \\
 & \leq \frac{(r-v)[r-v+1+2^{r-2}(r-1)]}{rn^{2r-v+1}}. \tag{46}
 \end{aligned}$$

Для нормы первой компоненты правой части (43) в силу условия (9), оценки (46) и посылки (11) получаем оценку

$$\begin{aligned}
 \forall N \in \mathbb{Z}_3 & \left\| - \sum_{v=1}^{r-1} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left\{ \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right\}_{u=n}^{u=n+1} \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\
 & \leq \sum_{v=1}^{r-1} \frac{1}{(N+1)^v} \frac{A_4}{(N+1)^{r-v}} \sum_{n=1}^{N-2} \frac{(r-v)[r-v+1+2^{r-2}(r-1)]}{rn^{2r-v+1}} (n+1)^r A_1 = \\
 & = \frac{A_1 A_4}{r(N+1)^r} \sum_{v=1}^{r-1} (r-v)[r-v+1+2^{r-2}(r-1)] \sum_{n=1}^{N-2} \frac{1}{n^{r-v+1}} \left(1 + \frac{1}{n} \right)^r \leq \\
 & \leq \frac{2^r A_1 A_4}{r(N+1)^r} \sum_{v=1}^{r-1} (r-v)[r-v+1+2^{r-2}(r-1)] \sum_{n=1}^{N-2} \frac{1}{n^{r-v+1}}. \tag{47}
 \end{aligned}$$

Оцениваем сверху последнюю сумму в правой части (47):

$$\begin{aligned}
 & \sum_{n=1}^{N-2} \frac{1}{n^{r-v+1}} = 1 + \sum_{n=2}^{N-2} \frac{1}{n^{r-v+1}} \leq 1 + \int_1^{N-2} \frac{dt}{t^{r-v+1}} = 1 - \frac{1}{r-v} \frac{1}{t^{r-v}} \Big|_1^{N-2} = \\
 & = 1 - \frac{1}{r-v} \left[\frac{1}{(N-2)^{r-v}} - 1 \right] = 1 + \frac{1}{r-v} - \frac{1}{r-v} \frac{1}{(N-2)^{r-v}} \leq \frac{r-v+1}{r-v}. \tag{48}
 \end{aligned}$$

Подстановка неравенства (48) в неравенство (47) приводит к оценке

$$\forall N \in \mathbb{Z}_3 \left\| - \sum_{v=1}^{r-1} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left\{ \left[\frac{1}{u^{r-v}} - \frac{1}{(u+1)^{r-v}} \right] \frac{1}{(u+1)^r - u^r} \right\}_{u=n}^{u=n+1} \right\|_{\mathbf{B}} \leq$$

$$\begin{aligned}
&\leq \frac{2^r A_1 A_4}{r(N+1)^r} \sum_{v=1}^{r-1} (r-v) \left[r-v+1+2^{r-2}(r-1) \right] \frac{r-v+1}{r-v} = \\
&= \frac{2^r A_1 A_4}{(N+1)^r} \sum_{v=1}^{r-1} \left[r-v+1+2^{r-2}(r-1) \right] \left(1 - \frac{v-1}{r} \right) \leq \\
&\leq \frac{2^r A_1 A_4}{(N+1)^r} \sum_{v=1}^{r-1} \left[r+2^{r-2}(r-1) \right] = \frac{2^r \left[r+2^{r-2}(r-1) \right] (r-1) A_1 A_4}{(N+1)^r}. \tag{49}
\end{aligned}$$

Аналогично предыдущему оцениваем сверху норму второй компоненты правой части (43). По формуле Ньютона—Лейбница

$$\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} = \int_n^{n+1} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \right]' du. \tag{50}$$

Модуль производной

$$\begin{aligned}
&\left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \right]' = \\
&= \frac{(v-r) \left[(u+1)^{v-r-1} - u^{v-r-1} \right] \left[(u+1)^r - u^r \right] - \left[(u+1)^{v-r} - u^{v-r} \right] r \left[(u+1)^{r-1} - u^{r-1} \right]}{\left[(u+1)^r - u^r \right]^2}
\end{aligned}$$

оцениваем сверху с помощью двусторонней оценки (35):

$$\begin{aligned}
&\left| \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \right]' \right| \leq \\
&\leq \frac{(v-r)(v-r-1)(u+1)^{v-r-2} r(u+1)^{r-1} + (v-r)(u+1)^{v-r-1} r(r-1)(u+1)^{r-2}}{\left(ru^{r-1} \right)^2} = \\
&= \frac{(v-r)(v-2)(u+1)^{v-3}}{ru^{2r-2}}. \tag{51}
\end{aligned}$$

Из формулы Ньютона—Лейбница (50) с помощью неравенства (51) имеем следующую оценку модуля двойной подстановки:

$$\begin{aligned}
&\left| \frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right| \leq \int_n^{n+1} \frac{(v-r)(v-2)(u+1)^{v-3}}{ru^{2r-2}} du = \\
&= \frac{(v-r)(v-2)}{r} \int_n^{n+1} \left(1 + \frac{1}{u} \right)^{r-1} \frac{(u+1)^{v-r-2}}{u^{r-1}} du \leq \frac{2^{r-1}(v-r)(v-2)}{r} \int_n^{n+1} \frac{(u+1)^{v-r-2}}{u^{r-1}} du \leq \\
&\leq \frac{2^{r-1}(v-r)(v-2)}{r} \int_n^{n+1} \frac{(u+1)^{v-r-2}}{u^{r-1}} \frac{u+1}{u} du = \\
&= \frac{2^{r-1}(v-r)(v-2)}{r} \int_n^{n+1} \frac{(u+1)^{v-r-1}}{u^r} du \leq \frac{2^{r-1}(v-r)(v-2)}{r} \frac{(n+2)^{v-r-1}}{n^r}. \tag{52}
\end{aligned}$$

Норму второй компоненты правой части (43) оцениваем сверху с помощью последовательно неравенства (52), посылки (11) и условия (8):

$$\begin{aligned}
&\forall N \in Z_3 \left\| \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) \right\|_{\mathbf{B}} \leq \\
&\leq \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{|d_v(N)|}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \frac{2^{r-1}(v-r)(v-2)}{r} \frac{(n+2)^{v-r-1}}{n^r} (n+1)^r A_1 = \\
&= \frac{2^{r-1} A_1}{r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{(v-r)(v-2) |d_v(N)|}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} (n+2)^{v-r-1} \left(1 + \frac{1}{n} \right)^r \leq
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2^{2r-1} A_1}{r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{(v-r)(v-2) |d_v(N)|}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} (n+2)^{v-r-1} \leq \\
&\leq \frac{2^{2r-1} A_1}{r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{(v-r)(v-2) |d_v(N)|}{(N+1)^v} \int_1^{N-1} (t+2)^{v-r-1} dt = \\
&= \frac{2^{2r-1} A_1}{r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{(v-r)(v-2) |d_v(N)|}{(N+1)^v} \frac{(t+2)^{v-r}}{v-r} \Big|_1^{N-1} = \\
&= \frac{2^{2r-1} A_1}{r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} \frac{(v-2) |d_v(N)|}{(N+1)^v} [(N+1)^{v-r} - (1+2)^{v-r}] \leq \\
&\leq \frac{2^{2r-1} A_1}{r(N+1)^r} \sum_{v=r+1}^{+\infty} v |d_v(N)| \leq \frac{2^{2r-1} A_1 A_3}{r(N+1)^r}. \tag{53}
\end{aligned}$$

Из (43), (49) и (53) для нормы пятой компоненты правой части (30) получаем оценку

$$\begin{aligned}
\forall N \in Z_3 \left\| \sum_{v=1}^{+\infty} \frac{d_v(N)}{(N+1)^v} \sum_{n=1}^{N-2} \left[\frac{(u+1)^{v-r} - u^{v-r}}{(u+1)^r - u^r} \Big|_{u=n}^{u=n+1} \right] (n+1)^r Z_n^r(2) \right\|_{\mathbf{B}} &\leq \\
&\leq \frac{2^r A_1 \{ [r + 2^{r-2}(r-1)](r-1)A_4 + 2^{r-1} r^{-1} A_3 \}}{(N+1)^r}. \tag{54}
\end{aligned}$$

Шаг 13. Тщательно оценивая остальные компоненты правой части (30), мы приходим к выводу, что норма разности Коши

$$\|M_P(\mathbf{1}) - M_N(\mathbf{1})\|_{\mathbf{B}} = O\left(\frac{1}{P^r}\right) + O\left(\frac{1}{N^r}\right), \quad P > N+1 \rightarrow +\infty. \tag{55}$$

Поскольку пространство \mathbf{B} банахово, то из (55) предельным переходом по $P \rightarrow +\infty$ получаем (12). Доказательство теоремы 3 закончено.

Заключение. В данной работе теорема 1 со средних Фейера σ_N и Зигмунда Z_N^r натурального порядка r распространена на матричные средние M_N . Автор надеется распространение теоремы 2 на матричные средние опубликовать в другом месте.

Список цитируемых источников

1. Харди, Г. Расходящиеся ряды / Г. Харди ; пер. с англ. Д. А. Райкова ; с предисл. и обзор. ст. С. Б. Стечкина. — М. : ИИЛ, 1951. — 504 с. — Пер. изд.: Divergent Series / G. H. Hardy. — Oxford, 1949. — (М. : Комкнига, 2006 ; М. : Факториал Пресс, 2006).
2. 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.
3. Sz. Nagy, B. v. Approximation der Funktionen durch die arithmetischen Mittel ihrer Fourierschen Reihen / Béla v. Sz. Nagy // Acta scientiarum mathematicarum (Szeged). — 1946—1948. — Vol. 11. — P. 71—84.
4. Стечкин, С. Б. Оценка остатка ряда Тейлора для некоторых классов аналитических функций / С. Б. Стечкин // Изв. АН СССР. Серия «Математика». — 1953. — Т. 17, № 5. — С. 461—472.
5. Alexits, G. Sur l'ordre de grandeur de l'approximation d'une fonction périodique par les sommes de Fejér / G. Alexits // Approximation theory: (Selected papers) / G. Alexits. — Budapest : Académiai Kiadó, 1983. — P. 59—70.
6. Tian-ping, Chen. Typical means of Fourier series. I / Chen Tian-ping // Chinese Math. — Acta. — 1966. — Vol. 8. — P. 191—204.
7. Králík, D. Über die approximationstheoretische Charakterisierung gewisser Funktionenklassen mit Hilfe der Riesz'schen Mittel von Fourierreihen / D. Králík // Acta Math. Acad. Sci. Hungar. — 1969. — Vol. 20, № 3—4. — P. 361—373.
8. 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.
9. Alexits, G. An elementary method in the constructive theory of functions / G. Alexits // Approximation theory: (Selected papers) / G. Alexits. — Budapest : Académiai Kiadó, 1983. — P. 203—207.
10. Alexits, G. Über eine elementare reihentheoretische Methode in der Approximationstheorie / G. Alexits // Approximation theory: (Selected papers) / G. Alexits. — Budapest : Académiai Kiadó, 1983. — P. 278—285.
11. Totik, V. Az approximációelmélet ún elemi módszeréről / V. Totik // Matematikai Lapok. — 1983. — Vol. 31, № 1—3. — P. 175—190.
12. Rogosinski, W. Über die Abschnitte trigonometrischer Reihen / W. Rogosinski // Mathematische Annalen. — 1926. — 95 Band. — S. 110—134.
13. Бернштейн, С. Н. Об одном методе суммирования тригонометрических рядов / С. Н. Бернштейн // Собр. соч. / С. Н. Бернштейн. — М. : Изд-во АН СССР, 1952. — Т. I : Конструктивная теория функций [1905—1930]. — С. 523—525.

ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

Введение. Дистанционное образование признано одним из ключевых направлений культурно-образовательных программ ЮНЕСКО. В течение последних десятилетий оно стало глобальным явлением образовательной и информационной культуры. Данная форма обучения превосходно отвечает двум основным принципам современного образования, сформулированным ЮНЕСКО: «образование для всех» и «образование через всю жизнь».

Активное использование информационных технологий в образовательном пространстве тесно связано с дистанционным обучением, которое сегодня широко используется в учреждениях высшего образования Беларуси. В первую очередь потому, что появились новые возможности для образования инвалидов, которым теперь доступно обучение в том же объеме и качестве, что и их здоровым сверстникам, посещающим университет; во-вторых, процесс учебы всегда может быть совмещен с основной профессиональной деятельностью и личной жизнью: учиться можно в любое время; а в-третьих, стоимость дистанционного обучения намного дешевле обычного.

Основная часть. Дистанционное образование — комплекс образовательных услуг, предоставляемых широким слоям населения в стране и за рубежом с помощью специализированной информационной образовательной среды, основанной на средствах обмена учебной информацией на расстоянии (спутниковое телевидение, Интернет, компьютерная связь и т. п.). Данная форма получения образования получила широкое распространение как для дневной формы получения образования, так и для заочной [1]. В частности, в БарГУ имеется отдел дистанционного обучения, образованный в 2007 году.

Сегодня система дистанционного обучения позволяет организовать обучение, консультирование и тестирование неограниченного числа слушателей посредством интернет-сетей, сочетая традиционные педагогические методы с новейшими коммуникационными и мультимедийными технологиями. Основная цель — повышение уровня овладения учебным материалом, используя методы и средства дистанционного обучения.

Выбрав в качестве критерия способ коммуникации преподавателей и обучаемых, выделяют методы, которые успешно используются в преподавании физико-математических дисциплин и информатики:

1) метод обучения посредством взаимодействия обучаемого с образовательными ресурсами при минимальном участии преподавателя (самообучение). В процессе преподавания дисциплины «Компьютерные информационные технологии» подбираются различные образовательные ресурсы: печатные, аудио- и видеоматериалы, а также учебные пособия, передаваемые по телекоммуникационным сетям;

2) метод индивидуализированного преподавания и обучения, для которого характерны взаимоотношения одного консультируемого студента, нуждающегося в научно-технических услугах, с одним преподавателем (обучение «один к одному»). Этот метод может реализовываться в дистанционном обучении в основном посредством таких технологий, как телефон, голосовая почта, факс, электронная почта, система «Скайп». Чаще всего практикуется общение по электронной почте в тех случаях, когда студенту нужна консультация или дополнительная литература по дисциплине;

3) метод, в основе которого лежит изложение учебного материала преподавателем, при этом обучаемые не играют активную роль в коммуникации (обучение «один ко многим»). Данный метод используется преподавателем, когда обучаемых и консультируемых — целая группа, они примерно одинаково подготовлены и для всех одинаков конечный результат. Этот метод лучше применять при проведении лекционных занятий, но чтобы усвоение материала было более эффективным, необходима обратная связь, которую можно реализовать с помощью экспресс-опроса, тестирования;

4) метод, для которого характерно активное взаимодействие между всеми участниками учебного процесса (обучение «многие ко многим»). Именно этот метод предусматривает широкое использование исследовательских и проблемных способов обучения. Метод обучения в сотрудничестве появился как альтернативный вариант традиционной аудиторно-лекционной системе. В едином процессе такого метода объединяются три идеи: обучение в коллективе, взаимооценка, обучение в малых группах. Чаще всего такой метод применим для проведения практических занятий, когда преподавателем задается тема для студентов, а далее он создает и поддерживает такую благоприятную среду общения и психологический климат, при которых обучаемые работают в сотрудничестве. Преподаватель несет ответственность за координацию, управление ходом дискуссий, а также за подготовку материалов, разработку плана работы, обсуждаемых вопросов и тем.

Методы обучения являются одним из важнейших компонентов учебного процесса. Без соответствующих методов деятельности невозможно реализовать цели и задачи дистанционного обучения, достичь усвоения содержания учебного материала [2].

Среди средств дистанционного обучения выделяются следующие:

1) обучающие, к которым относятся учебные книги (твердые копии на бумажных носителях и электронные варианты учебников), учебно-методические пособия, справочники, сетевые учебно-методические пособия, компью-

терные обучающие системы в обычном и мультимедийном вариантах, аудио- и видео- учебно-информационные материалы, лабораторные дистанционные практикумы, электронная библиотека с удалённым доступом;

2) средства доставки учебных материалов. Учебные материалы размещаются в формате DOC, XLS, PDF или HTML в сети на веб-странице. Для изучения материалов требуется скачать документ на свой персональный компьютер, выполненные задания размещаются на сайте для последующей проверки преподавателем. При этом способе доставки требуется доступ к сети Интернет, качественная и бесперебойная работа сервера, на котором хранятся материалы, а также объем учебных материалов и скорость Интернета;

3) средства организации общения. Это технические средства, благодаря которым информация попадает получателю, а именно персональный компьютер с веб-камерой и подключением к скоростному Интернету, программные средства видеосвязи, мессенджеры для удобного общения: Skype, ICQ и т. д., специализированный сайт для управления обучением [3].

Наибольшей эффективности в преподавании дисциплины «Компьютерные информационные технологии» дистанционно можно достичь при использовании смешанных методик дистанционного обучения. Термин «смешанное дистанционное обучение» подразумевает, что программа обучения строится как из элементов синхронной, так и из элементов асинхронной методики обучения.

Методика синхронного дистанционного обучения предусматривает общение обучающегося и преподавателя в режиме реального времени (онлайн-общение). В онлайн-режиме проходят лекции, практические занятия, тестирование, консультации преподавателей по подготовке к экзамену.

Методика асинхронного дистанционного обучения применяется, когда невозможно общение между преподавателем и обучающимся в реальном времени (офлайн-общение). Так, каждый студент имеет возможность выполнения лабораторных работ, написания эссе, рефератов, составления презентаций в свое свободное от онлайн-занятий время, также он может изучить пропущенный учебный материал.

Заключение. Используемые методы и средства дистанционного обучения обеспечивают индивидуально-личностный подход к обучению студентов, интенсифицируют процесс усвоения учебного материала, предусматривают использование исследовательских и проблемных способов обучения, снимают временные и пространственные ограничения.

Список цитируемых источников

1. Дистанционное обучение: опыт и перспективы использования в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/distsionnoe-obuchenie-opyt-i-perspektivyispolzovaniya-v-respublike-belarus_. — Дата доступа: 13.10.2016.
2. *Зайченко, Т. П.* Основы дистанционного обучения: Теоретико-практический базис : учеб. пособие / Т. П. Зайченко. — СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. — 167 с.
3. *Зайченко, Т. П.* Инвариантная организационно-дидактическая система дистанционного обучения : монография / Т. П. Зайченко. — СПб. : Астерион, 2004. — 188 с.

УДК 168.53:51:37.01

В. С. Вакульчик, кандидат педагогических наук, доцент, **А. А. Козлов**, кандидат физико-математических наук, доцент,
О. В. Скоромник, кандидат физико-математических наук, доцент
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ НА НЕМАТЕМАТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ

Введение. В последние годы в учреждениях высшего образования Республики Беларуси значительно изменился в сторону увеличения количественный и географический состав студентов из ближнего и дальнего зарубежья. В процессе обучения их математике возникают определенные методические трудности и проблемы, связанные с особенностями их менталитета и темпа обучения, особенностями восприятия ими учебной информации, с незнанием, невладением этими студентами русским языком и т. п. Поэтому в контексте выделенных проблем возникает объективная необходимость и актуализируется к исследованию, поиску возможных решений задача разработки и проектирования методической системы обучения математике иностранных студентов.

Основная часть. В процессе аналитико-экспериментальных исследований удалось выявить и установить существенную и важную роль учета потребностей специальности, реализации принципов наглядности и доступности в научном подборе, разработке и обосновании соответствующих качественно новых методик для организации процесса обучения математике иностранных студентов. В связи с этим на кафедре высшей математики Полоцкого государственного университета ведутся научно-методические разработки по разделам курса элементарной и высшей математики параллельно на английском и русском языках. Это вызвано следующим:

1) для прибывающих абитуриентов, потенциальных будущих студентов из зарубежных стран (Гана, Непал, Индия, ЮАР и др.) изначально единственным языком общения в нашей стране, как правило, является

английский. В первый год своего пребывания на факультете довузовской подготовки ребята только начинают изучать русский язык. Возникает проблема: разговорного русского языка недостаточно для понимания излагаемого материала на занятиях по математике. Поэтому занятия по математике ведутся на английском языке, хотя предполагается, что они должны проводиться на русском языке;

2) на втором году обучения абитуриенты сдают экзамены и становятся студентами I курса. Обучаются они совместно с нашими студентами, продолжая отдельно изучать и русский язык (как иностранный). Однако кафедра высшей математики не является выпускающей, поэтому изучение «математического» английского (математической терминологии) на занятиях по русскому языку не предусматривается. Получается, что одной из причин частой низкой успеваемости иностранных студентов является языковой барьер [1];

3) при проведении лекционного или практического занятия, в процессе консультирования или во время ответа на вопросы, заданные на иностранном языке, в процессе общения с иностранными студентами посредством Google Classroom у преподавателя возникает потребность в готовности изложить материал на двух языках. Правда, следует отметить, что при этом преимущество отдается русскому языку, поскольку большая часть иностранных студентов обучается в русскоязычных группах.

В целях преодоления в определенной мере выделенных трудностей и проблем в Полоцком государственном университете все занятия по дисциплинам, предусмотренным учебной программой, начинаются со второй пары. Первая пара выделена для массово организованного углубленного изучения иностранных языков как для преподавателей, так и для студентов. Таким образом, создаются условия для улучшения качества общения всех участников учебно-познавательного процесса.

В контексте проводимых мероприятий дальнейшее исследование, по нашему мнению, должно быть направлено на разработку новых педагогических технологий и методик, поиск оптимальных форм, методов и средств обучения для отдельных специальностей. В этой связи педагогами кафедры высшей математики разрабатываются электронные и печатные версии лекционных и практических занятий на обоих языках, алгоритмов решения типовых задач. Далее этот материал выкладывается в Интернете (Полоцкий государственный университет использует интернет-ресурс Google Classroom для организации самостоятельной и управляемой самостоятельной работы студентов); выкладываются видеоматериалы (ссылки на сайты) и видеоролики, созданные сотрудниками кафедры, в которых обсуждаются и разъясняются типовые задачи и наиболее сложные вопросы. Ниже приведены обучающие примеры, а также таблица с фрагментом электронной версии лекции (рисунок 1), разработанные нами на английском языке в целях усиления уровня доступности восприятия в процессе изучения

иностранцами студентами I курса темы «Интегрирование»: 1. Consider the integral $\int (8x + 7)^{12} dx$. On multiplying and dividing it by 8 and taking into account that $8dx = (8x + 7)' dx = d(8x + 7)$ we receive

$$\int (8x + 7)^{12} dx = \frac{1}{8} \int (8x + 7)^{12} d(8x + 7) = \otimes \text{ The change } 8x + 7 = u \text{ now leads to (see formula:}$$

$$\int u^k dx = \frac{u^{k+1}}{k+1} + C, k \neq -1),$$

$$\otimes = \frac{1}{8} \int u^{12} du = \frac{1}{8} \frac{u^{12+1}}{12+1} + C = \frac{1}{8} \frac{u^{13}}{13} + C = \frac{1}{8} \frac{(8x + 7)^{13}}{13} + C = \frac{(8x + 7)^{13}}{104} + C.$$

$$2. \int \frac{dx}{\sqrt{25 - 3x^2}} = \int \frac{dx}{\sqrt{5^2 - (\sqrt{3})^2 \cdot x^2}} = \int \frac{dx}{\sqrt{5^2 - (\sqrt{3}x)^2}} = \otimes.$$

On multiplying and dividing the integrand by $\sqrt{3}$ and taking the factor $\frac{1}{\sqrt{3}}$ outside the integral symbol we obtain

$$\otimes = \frac{1}{\sqrt{3}} \int \frac{\sqrt{3} dx}{\sqrt{5^2 - (\sqrt{3}x)^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \int \frac{(\sqrt{3}x)' dx}{\sqrt{5^2 - (\sqrt{3}x)^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \int \frac{d(\sqrt{3}x)}{\sqrt{5^2 - (\sqrt{3}x)^2}} = \otimes.$$

Now putting $\sqrt{3}x = u$ we arrive at an integral included into the basic table (see formula:

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - u^2}} = \arcsin \frac{u}{a} + C = -\arccos \frac{u}{a} + C, \otimes = \frac{1}{\sqrt{3}} \int \frac{du}{\sqrt{5^2 - u^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \arcsin \frac{u}{5} + C = \frac{1}{\sqrt{3}} \arcsin \frac{\sqrt{3}x}{5} + C.$$

<p>I. Интегрирование по частям Метод интегрирования по частям следует из формулы дифференцирования произведения двух функций. Пусть $u(x)$ и $v(x)$ — функции от x с непрерывными производными. Имеем $d(uv) = u dv + v du$, откуда $u dv = d(uv) - v du$. Интегрируя обе части последнего равенства, получим $\int u dv = \int d(uv) - \int v du$, или $\int u dv = uv - \int v du$. Это и есть формула интегрирования по частям; более подробная ее запись такова: $\int u(x) v'(x) dx = u(x)v(x) - \int v(x) u'(x) dx$</p>	<p>I. Integration by Parts The method of integration by parts is implied by the formula for differentiating a product of two functions. Let $u(x)$ and $v(x)$ be functions of x possessing continuous derivatives. We have $d(uv) = u dv + v du$, whence $u dv = d(uv) - v du$. Integrating both sides of the latter equality, we receive $\int u dv = \int d(uv) - \int v du$ that is, $\int u dv = uv - \int v du$. This is the <i>formula of integration by parts</i> which can be written at length as $\int u(x) v'(x) dx = u(x)v(x) - \int v(x) u'(x) dx$</p>
--	--

Рисунок 1 — Фрагмент электронной лекции

Заключение. Представленные элементы проектируемой нами педагогической технологии позволяют добиться языковой доступности понимания изучаемой информации для иностранных студентов, реализации принципов наглядности, доступности при обучении математике; возможности ее изучения на иностранном языке для русскоязычных студентов; приобретения и совершенствования педагогом опыта обучения математике на иностранном языке.

Список цитируемых источников

1. Вакульчик, В. С. Роль принципов наглядности и доступности при обучении математике иностранных студентов на нематематических специальностях / В. С. Вакульчик, О. В. Скоромник // Модернизация математической подготовки в университетах технического профиля : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под. общ. ред. Ю. И. Кулаженко ; М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т транспорта. — Гомель : БелГУТ, 2017. — С. 139—142.

УДК 378.14.015.62

В. А. Дремук, кандидат технических наук, доцент, **Н. В. Водопьян**
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ЗНАЧЕНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Введение. Образование в Республике Беларусь относится к важнейшим приоритетам социально-экономического развития страны. Уровень образования населения в Беларуси постоянно растет. По итогам переписи 2009 года 90 % белорусов имели высшее, общее среднее и общее базовое образование по сравнению с 77 % в 1989 году и 85 % в 1999 году [1].

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 [2].

В последнее время в учреждениях высшего образования активно используется рейтинговая система оценки знаний, представляющая собой объективную шкалу сопоставления качества и объема знаний студентов, по которой определяется индивидуальный рейтинг каждого из них [3].

Основная часть. Рейтинговая система оценки знаний используется во многих странах мира. Рейтинг (англ. rating оценка, порядок, классификация) — термин, который означает оценку явления или его выраженности. Рейтинг позволяет осуществлять распределение объектов по степени выраженности у них того или иного свойства. В педагогике рейтинг стал основой для построения различных шкал оценок учебной деятельности, с помощью которых можно оценивать степень овладения студентами учебным материалом, сформированность у них умений и практических навыков.

Основной целью рейтинговой системы является определение уровня, качества и успешности освоения студентом учебной дисциплины. Одновременно рейтинговая система рассматривается не только как система оценки знаний студентов, но и как важнейшая часть системы контроля качества образовательной деятельности университета [3]. Преимущества рейтинговой системы контроля знаний заключаются в том, что она позволяет осуществлять постоянную связь с обучающимися, создает условия для своевременной корректировки процесса

обучения, повышает мотивацию студентов к систематической самостоятельной учебной и научной работе в течение всего периода обучения, создает условия для организации непрерывного мониторинга за работой студентов, осуществления постоянного контроля за успеваемостью самими студентами и преподавателями [4].

Рейтинговая система оценки знаний и компетенций студентов по учебной дисциплине введена на инженерном факультете учреждения образования «Барановичский государственный университет» с 2012 года. С того времени много изменилось, рейтинговая система стала неотъемлемой частью образовательной системы университета как эффективный инструмент влияния на качество образовательного процесса.

Рейтинговая отметка по дисциплине является интегральным показателем, формируемым на основе оценки знаний студентов в ходе семестрового контроля (практических, семинарских и лабораторных занятий, по результатам расчетно-графических и других работ, оценки всех видов отчетности по управляемой самостоятельной работе студентов, отметки промежуточного контроля), поощрительного балла (при наличии) и отметки за ответ студента на дифференцированном зачете, экзамене. Общий вклад семестрового контроля успеваемости студентов в рейтинговую отметку по дисциплине должен составлять 60 %.

Благодаря рейтинговой системе студент систематически занимается в течение семестра. Наблюдается повышенная учебная активность, своевременное выполнение практических и лабораторных заданий. К сожалению, нельзя сказать, что это касается всех студентов. По-прежнему значительная часть студентов рассчитывает, что все возникающие учебные проблемы можно будет решить в конце семестра, сдав сразу все лабораторные работы, переписав все контрольные работы и т. д.

В целях изучения удовлетворенности студентов организацией рейтинговой системы оценки знаний и компетенций студентов было проведено анкетирование студентов I—IV курсов инженерного факультета. В опросе приняли участие 240 респондентов. Абсолютное большинство студентов (73 %) осведомлены о рейтинговой системе и полностью ее понимают. В то же время лишь 58 % студентов считают, что рейтинговая система позволяет объективно оценить уровень знаний студента по учебной дисциплине, 56 % — что рейтинговая система способствует стимулированию и активизации систематической учебной деятельности студентов в течение семестра. При этом треть студентов (33 %) уверены, что рейтинговая система повышает самостоятельность и ответственность (объем «заданий на дом» значительно вырос), минимизирует количество пропусков занятий без уважительных причин.

Студентами отмечены положительные моменты: повышается мотивация к обучению и есть возможность постоянного контроля своих баллов и прогнозирования результата экзамена (дифференцированного зачета). За выполнение дополнительных заданий по дисциплине, за участие в олимпиаде, выступление на конференции, написание научной статьи, подготовку тезисов устанавливается (по решению преподавателя) поощрительный балл.

Среди недостатков студенты считают неправильным соотношение оценки по результатам семестрового контроля и отметки за экзамен (дифференцированный зачет) 60 % / 40 % и предлагают изменить данное соотношение как 50 % / 50 %. Непонятен механизм начисления баллов, так как по каждой дисциплине своя система рейтинговых баллов, и информация о критериях оценивания освоения дисциплин отсутствует.

Проблемы, с которыми сталкиваются преподаватели: сложность учета баллов; трудоёмкость разработки оценочных средств; математическая обработка данных рейтинга. Лишь немногие преподаватели разработали для каждой дисциплины «весовые» коэффициенты, большинство же предпочли выводить среднеарифметическое значение всех отметок по каждому виду деятельности студента по дисциплине.

Остается проблемой процедура работы с неуспевающими студентами, т. е. предоставление студентам возможности повторного прохождения рейтинговых аттестаций. Все неудовлетворительные отметки студента по результатам оценочных мероприятий семестрового контроля обязательно должны быть отработаны до начала текущей аттестации. Данная система оценивания позволяет усреднять всех студентов: сдавших все контрольные и лабораторные досрочно или в установленные сроки и студентов, кто сдает задолженности только перед экзаменом. Здесь возможны два варианта: когда студент может пересдавать лабораторную, практическую, контрольную работу или коллоквиум несколько раз; когда пропущенные без уважительной причины, не сданные вовремя оцениваемые мероприятия не пересдаются, и рейтинговые баллы за них не начисляются.

Заключение. Рейтинговая система оценки знаний и компетенций студентов по учебной дисциплине может успешно существовать при организации определенных условий: технология получения рейтинговых баллов по каждой дисциплине должна быть четкой и определенной (возможно необходима единая система начисления баллов); заинтересованность преподавателя, работающего по рейтинговой системе.

Список цитируемых источников

1. Круглый стол «Качество образования в Республике Беларусь» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.belta.by/onlineconference/view/kruglyj-stol-kachestvo-obrazovaniya-v-respublike-belarus-691>. — Дата доступа: 14.10.2018.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Национальная комиссия по устойчивому развитию Респ. Беларусь ; редкол.: Я. М. Александрович [и др.]. — Минск : Юнипак, 2004. — 200 с.
3. Тарасенко, О. В. Балльно-рейтинговая система оценивания знаний студентов в условиях аграрного вуза / О. В. Тарасенко, Ж. А. Демиденко // Молодой ученый. — 2014. — № 1. — С. 579—581.
4. Леднёва, И. О. Анализ результатов применения рейтинговой системы оценки знаний на кафедре биологической химии Гродненского государственного медицинского университета / И. О. Леднёва, В. В. Лелевич, Н. Э. Петушок // Выш. шк. — 2018. — № 3. — С. 39—42.

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА КАК ФОРМА КОНТРОЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Введение. Проблема адаптации студентов к условиям обучения в высшей школе до настоящего времени является традиционным предметом дискуссий. Актуальность проблемы заключается в оптимизации процесса адаптации студентов к учебной деятельности.

Показателями адаптации первокурсников является приспособленность к различным требованиям учебного процесса без ощущения внутреннего дискомфорта и бесконфликтное сосуществование в учреждении образования.

Одним из возможных вариантов оптимизации учебного процесса и реализации идеи адаптации является модульная технология обучения [1, с. 3—11].

Основная часть. Основная цель — поставить студента перед необходимостью регулярной учебной работы в течение всего семестра. Внедрение модульной технологии способствует интенсификации учебного процесса, активизации работы студентов, развития самостоятельности и ответственности студентов при освоении учебного материала.

В модули входят виды работы: посещение лекций, выполнение лабораторных работ, решение задач, семинары, коллоквиумы. По учебной дисциплине может быть создано несколько уровней сложности для студентов с разной степенью подготовки.

Модуль содержит познавательную и учебно-профессиональную части. Познавательная часть — это теоретические знания; учебно-профессиональная — умения и навыки на основе приобретенных знаний. В основу модульной интерпретации учебного курса заложен принцип системности: системность содержания; системность контроля.

Целью создания каждого модуля является достижение заранее планируемого результата обучения [2, с. 78—87]. Итоги контроля по модулю характеризуют в равной мере и успешность учебной деятельности студента, и эффективность педагогической технологии, выбранной преподавателем.

Контроль по модулю может быть содержательным и деятельностным.

Контрольные задания для модулей позволяют оценивать уровень усвоения конкретных знаний по виду их использования.

Контроль может осуществляться по параметрам: оценка активности студента на аудиторных занятиях; оценка ритмичности и успешности самостоятельной работы; оценка качества усвоения учебного материала.

Учебная дисциплина «Физика» является основным компонентом естественнонаучного образования и во многом способствует формированию интеллекта. Лабораторный физический практикум в университете содержит дифференцированные лабораторные работы, различающиеся сложностью решаемых задач, методикой их проведения.

Оценить уровень усвоения конкретных знаний в большой степени предоставляется на лабораторных занятиях.

Подробный анализ особенностей проведения эксперимента проводится при участии преподавателя. Внимание студентов акцентируется на особенностях проводимых измерений и причинах возникновения погрешностей. На данном этапе проявляется активность студента и успешность самостоятельной работы.

Обработка результатов эксперимента проводится в лаборатории совместно с преподавателем, что позволяет оценить ритмичность и самостоятельность студента в закреплении учебного материала.

Защита лабораторных работ является завершающим этапом каждой лабораторной работы. Под подготовкой и защитой подразумевается самостоятельная работа студентов, которая включает целый комплекс мероприятий: обработка результатов эксперимента и их оформление, формулирование выводов, проведение обобщений, установление возможностей использования освоенной экспериментальной методики для исследования других объектов в области естествознания. В результате наблюдения и оценивания работы студентов на каждом этапе лабораторного занятия дается оценка уровня качества усвоения учебного материала.

Можно выделить следующие достоинства модульно-рейтинговой системы контроля учебных достижений: формируется высокий уровень мотивации систематического обучения; значительно повышается объективность оценивания знаний и умений, так как, во-первых, контроль имеет системный характер по каждому виду учебной деятельности, во-вторых, значительно уменьшается зависимость оценки от межличностных отношений; осуществляются дифференцированный и индивидуализированный подходы к обучению и контролю его качества; формируется интегрированная итоговая оценка, включающая в себя как количественную, так и качественную составляющую учебных достижений студентов; создаются широкие возможности для применения информационных технологий.

Активная работа студентов на занятиях позволит проводить собственные научные исследования и использовать их в дальнейшей профессиональной деятельности.

Заключение. Внедрение модульной технологии является альтернативной формой контроля учебного процесса. Использование рейтинговой системы способствует активизации работы, развитию самостоятельности и ответственности студентов при освоении образовательных программ, интенсификации учебного процесса.

Список цитируемых источников

1. Черных, А. В. Модульная система обучения как одна из форм организации учебного процесса в вузе / А. В. Черных // Физ. образование в вузах. — 2014. — № 1. — С. 3—11.
2. Лапаник, О. Ф. Педагогические условия формирования профессиональных компетенций на занятиях по физике в техническом вузе / О. Ф. Лапаник, И. М. Слабженникова, Л. Л. Яковенко // Физ. образование в вузах. — 2014. — № 2. — С. 78—87.

УДК 331.1

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

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УНИВЕРСИТЕТОВ В НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ: ОПЫТ УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Введение. Перманентность динамики качества запросов современного общества обуславливает настоятельную необходимость активизации деятельности научных, образовательных организаций, предприятий реального сектора экономики, бизнес-сообщества, органов государственной власти в векторе инноватизации. Только кооперация данных структурных элементов позволит достичь синергетического эффекта в направлении комплексного развития страны (региона).

Основная часть. В качестве базовых блоков для изучения эффективности сотрудничества учреждений образования, в частности учреждения образования «Барановичский государственный университет», представлены: договорная деятельность в направлении взаимодействия организаций, основные направления научных исследований, возможности кооперации в области науки, образования.

1. Договорная деятельность в направлении взаимодействия организаций.

Договоры о сотрудничестве между организациями позволяют начать или развивать уже реализуемое взаимодействие субъектов. Однако цель заключается не в количественном показателе, а в качестве — результативности заключенных договоров. Данный показатель должен включаться обязательно при комплексной оценке деятельности учреждения образования. Международное сотрудничество выступает инструментом масштабирования результатов научно-исследовательской, инновационной, образовательной деятельности с их последующей коммерциализацией, а также участия в международных научных, образовательных программах.

Учреждение образования «Барановичский государственный университет» было создано в 2004 году на основе Указа Президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко. Университет соответствует типу «классический университет». В нем функционирует 5 факультетов инженерно-технического, педагогико-психологического, экономико-юридического, филологического профиля.

За 14 лет своей активной работы университет участвовал в международных и республиканских научных проектах, проведено более 100 научно-практических конференций, заключено более 110 договоров о сотрудничестве с научными, образовательными организациями ближнего и дальнего зарубежья.

2. Основные направления научных исследований.

В БарГУ основными направлениями научных исследований выступают:

- энергообеспечение, энергосбережение, энергоэффективные технологии;
- экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование;
- высокоэнергетические технологии упрочнения материалов;
- теоретические основы повышения эффективности национальной инновационной системы, антикризисные и посткризисные механизмы обеспечения устойчивого развития национальной экономики, экономическая безопасность;
- философский анализ проблем человека, социально-экономического, политического и духовно-культурного развития белорусского общества;
- теоретико-методологические основы и научно-методическое обеспечение образовательного процесса в условиях инновационного развития национальной системы образования Республики Беларусь;
- методы компьютерного моделирования, компьютерные технологии.

3. Возможности кооперации в области науки, образования.

Научное, образовательное сотрудничество в БарГУ реализуется в форме участия в международных проектах, стажировках, программах академического обмена, научно-практических конференциях, форумах.

Необходимо отметить ряд возможных областей сотрудничества, которые являются новыми для университетов-партнеров БарГУ и, возможно, будут полезными для учреждений образования Украины. В качестве таковых следует выделить международную программу Visegrad+, позволяющую участвовать в конкурсах на соискание грантов на выполнение научных исследований, реализацию академической мобильности, проведение международных научных мероприятий. В данной программе участниками являются организации из Польши, Чехии, Венгрии, Словакии. Также необходимо шире использовать возможности сотрудничества университетов при подготовке научных проектов в рамках объявляемых конкурсов Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований совместно с Российским фондом фундаментальных исследований. Необходимо подавать заявки на включение в реализуемые научные направления в рамках международной программы COST, позволяющей подготовить совместную заявку на реализацию программы HORIZON-2020 на основе участия уже сформированной международной рабочей группы исследователей.

Индикаторы оценки эффективности научно-образовательного сотрудничества предлагается определять на основе темпов изменения: 1) количества совместно организуемых научно-практических мероприятий (конференций, семинаров, круглых столов, конкурсов) и количества их участников; 2) количества совместно реализуемых научных, образовательных проектов; 3) количества совместных (двойных) поуровневых образовательных программ и количества их участников; 4) количества зарубежных стажировок (приглашенных профессоров).

Заключение. Международное сотрудничество выступает инструментом роста конкурентоспособности учреждений образования.

УДК 512.643

А. А. Козлов, кандидат физико-математических наук, доцент, К. Д. Калита
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

ИНВАРИАНТНОСТЬ СВОЙСТВА ПОЛОЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕДУЩИХ ГЛАВНЫХ МИНОРОВ ПРИ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ПОДОБИЯ

Введение. Пусть \mathbb{R}^n — n -мерное евклидово векторное пространство; e_1, e_2, \dots, e_n — векторы (столбцы) канонического ортонормированного базиса пространства \mathbb{R}^n ; M_{mn} — пространство вещественных матриц размерности $m \times n$; $M_n := M_{nn}$. Обозначим через $R_n \subset M_n$ совокупность всех нижнетреугольных $n \times n$ -матриц с положительными диагональными элементами.

Основная часть. Определение 1. Для любого фиксированного числа $k \in \{1, \dots, n\}$ и произвольной матрицы $H = \{h_{ij}\}_{i,j=1}^n \in M_n$ через $(H)_k \in M_k$ будем обозначать ее *ведущую главную подматрицу порядка k* , т. е.

$$(H)_1 = h_{11}, \quad (H)_2 = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix}, \dots, \quad (H)_n = H.$$

Тогда *ведущими главными минорами* матрицы H назовем определители ведущих главных подматриц H .

Определим множество $\mathcal{H}_n(0)$ матриц n -го порядка с положительными ведущими главными минорами, т. е. совокупность вида $\mathcal{H}_n(0) := \{H \in M_n : \det(H)_k > 0, k = \overline{1, n}\}$.

Определение 2. Для всякого $j = \overline{1, n}$ обозначим через $S_j \in M_n$ матрицу, полученную из матрицы R заменой первых j -строк соответствующими строками матрицы H , т. е. матрицу $S_j := R + \sum_{i=1}^j e_i e_i^T (H - R)$. Будем говорить, что матрицы S_j , $j = \overline{1, n}$ являются *промежуточными шагами на пути от R к H* .

Определение 3. Упорядоченную пару (R, H) матриц из множества M_n назовем *законопослушной*, если справедливо соотношение $\det R > 0$ и при всех $j \in \{1, \dots, n\}$ для матриц S_j , являющихся промежуточными шагами на пути от R к H , выполнены неравенства $\det S_j > 0$.

Определение 4. Квадратные матрицы S и N n -го порядка называются *подобными*, если существует такая невырожденная матрица S ($\det S \neq 0$), при которой $M = S^{-1}NS$, само же преобразование матрицы N с помощью матрицы S называется *преобразованием подобия*.

Замечание 1. При преобразовании подобия матриц из $\mathcal{H}_n(0)$ свойство положительности ведущих главных миноров, вообще говоря, не сохраняется, т. е. если $N \in \mathcal{H}_n(0)$, то $S^{-1}NS \notin \mathcal{H}_n(0)$ для всякой невырожденной матрицы $S \in M_n$.

Действительно, возьмем, например, матрицы $N = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 7 \end{pmatrix}$ и $S = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 3 \end{pmatrix}$. Тогда, очевидно, справедливы соотношения $\det(N)_i > 0$, $i = 1, 2$, и $\det S = 1 \neq 0$, т. е. матрица S обратима, причем выполняется равенство $S^{-1} = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$. На основании определения 4 воспользуемся преобразованием подобия для рассматриваемых мат-

риц. Имеют место равенства $M := S^{-1}NS = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 & 13 \\ 5 & 11 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -20 & 33 \\ -17 & 28 \end{pmatrix}$. Поскольку $\det(M)_1 = -20 < 0$, то, как можно видеть, свойство положительности ведущих главных миноров в общем случае не сохраняется при преобразовании подобия.

Замечание 2. Легко видеть, что если $S^{-1}NS$ — преобразование подобия матрицы N , то и TNT^{-1} — преобразование подобия матрицы N при $T = S^{-1}$. Поэтому в дальнейшем будем считать преобразование вида TNT^{-1} преобразованием подобия.

Замечание 3. Зафиксируем любое число $k \in \{1, \dots, n\}$. Возьмем произвольные вещественные матрицы $A \in M_k$, $B \in M_{k, n-k}$, $C \in M_{n-k, k}$, $D \in M_{n-k}$, при этом будем предполагать, что $\det D \neq 0$. Тогда для блочной матрицы $F = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \in M_n$ имеет место равенство [1, с. 159] $\det F = \det(A - BD^{-1}C) \cdot \det D$.

Теорема. Пусть $R \in R_n$, $H \in \mathcal{H}_n(0)$. Если пара (R, H) законопослушна, то положительность главных ведущих миноров матрицы H сохраняется при преобразовании подобия с помощью матрицы R .

Доказательство. Возьмем произвольную матрицу $H \in \mathcal{H}(0)$ и такую матрицу $R \in R_n$, что пара (R, H) законопослушна. Зафиксируем произвольное число $k \in \{1, \dots, n\}$. Представим матрицу H в блочном виде

$H = \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{pmatrix}$, где $H_{11} \in \mathcal{H}_k(0)$, $H_{12} \in \mathcal{H}_{k, n-k}(0)$, $H_{21} \in \mathcal{H}_{n-k, k}(0)$, $H_{22} \in \mathcal{H}_{n-k}(0)$. Легко заметить, что матрица H_{11} является ведущей главной подматрицей k -го порядка матрицы H , т. е. $H_{11} = (H)_k$. Так как выполняется

включение $R \in R_n$, то матрица $R = \{r_{ij}\}_{i,j=1}^n$ является нижнетреугольной, поэтому она представляется в виде блочной нижнетреугольной матрицы $R = \begin{pmatrix} R_{11} & O \\ R_{21} & R_{22} \end{pmatrix}$, где R_{11} — нижнетреугольная матрица k -го порядка

с положительными диагональными элементами, O — нулевая матрица размерности $k \times (n-k)$, R_{21} — некоторая вещественная матрица размерности $(n-k) \times k$, а R_{22} — нижнетреугольная матрица $(n-k)$ -го порядка с положительными диагональными элементами. Очевидно, что диагональные элементы матриц R_{11} и R_{22} совпадают с диагональными элементами матрицы R . Тогда имеют место включения $R_{11} \in R_k$, $R_{22} \in R_{n-k}$ и справедливы соотношения $\det R_{11} = \prod_{i=1}^k r_{ii} > 0$ и

$$\det R_{22} = \prod_{i=n-k+1}^n r_{ii} > 0, \quad (1)$$

т. е. матрицы R_{11} и R_{22} обратимы, а значит, обратима и матрица R ввиду очевидного равенства

$$\det R = \det R_{11} \cdot \det R_{22}. \text{ Легко получить, что матрица, обратная к } R, \text{ имеет блочный вид } R^{-1} = \begin{pmatrix} R_{11}^{-1} & O \\ -R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1} & R_{22}^{-1} \end{pmatrix}.$$

Воспользуемся преобразованием подобия матрицы H с помощью матрицы R . На основании определений матриц $R^{\pm 1}$ и H , а также произведения блочных матриц имеем равенства (здесь блоки, не влияющие на ход дальнейших рассуждений, заменены символом $*$) $M := RHR^{-1} = \begin{pmatrix} R_{11} & O \\ R_{21} & R_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{pmatrix}$.

$$\begin{pmatrix} R_{11}^{-1} & O \\ -R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1} & R_{22}^{-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11}H_{11} & R_{11}H_{12} \\ * & * \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{11}^{-1} & O \\ -R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1} & R_{22}^{-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11}H_{11}R_{11}^{-1} - R_{11}H_{12}R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1} & * \\ * & * \end{pmatrix}.$$

Легко заметить, что ведущая главная подматрица k -го порядка матрицы M равна $(M)_k = R_{11}H_{11}R_{11}^{-1} - R_{11}H_{12}R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}$. Тогда для главного углового минора k -го порядка последней матрицы на основании элементарных свойств определителя выполняются равенства $\det(M)_k = \det(R_{11}H_{11}R_{11}^{-1} - R_{11}H_{12}R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}) = \det R_{11} \cdot \det(H_{11} - H_{12}R_{22}^{-1}R_{21}) \cdot \det R_{11}^{-1} = \det(H_{11} - H_{12}R_{22}^{-1}R_{21})$, т. е.

$$\det(M)_k = \det(H_{11} - H_{12}R_{22}^{-1}R_{21}). \quad (2)$$

Возьмем матрицу S_k , представляющую собой k -й промежуточный шаг на пути от R к H , т. е.

$$S_k = R + \sum_{i=1}^k e_i e_i^T (H - R) = \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{pmatrix},$$

и найдем ее определитель $\det S_k$. Поскольку справедливо неравенство (1),

то для блочной матрицы S_k ввиду замечания 3 выполняется равенство $\det S_k = \det(H_{11} - H_{12}R_{22}^{-1}R_{21}) \cdot \det R_{22}$.

Отсюда и из формулы (2) следует соотношение $\det(M)_k = \det S_k / \det R_{22}$. Поскольку матрицы (R, H) законопослушны, то $\det S_j > 0$ для всех $j = \overline{1, n}$, значит, $\det S_k > 0$. Тогда в силу формулы (1) имеет место неравенство $\det(M)_k > 0$, означающее положительность ведущего главного минора k -го порядка матрицы, полученной из матрицы H преобразованием подобия с помощью нижнетреугольной матрицы с положительными диагональными элементами. Ввиду произвольности числа $k \in \{1, \dots, n\}$ последнее неравенство справедливо для всех ведущих главных миноров матрицы M . Теорема доказана.

Заключение. В данной работе получено достаточное условие инвариантности свойства положительности ведущих главных миноров при преобразовании подобия с помощью нижнетреугольных матриц с положительными диагональными элементами.

Список цитируемых источников

1. Бортакоский, А. С. Линейная алгебра в примерах и задачах / А. С. Бортакоский, А. В. Пантелеев. — М.: Высш. шк., 2005. — 591 с.

УДК 538.91+519.65

А. П. Мателенок, И. Б. Сороговец, кандидат физико-математических наук, доцент,
Ф. Ф. Яско, кандидат физико-математических наук, доцент
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НАВЫКОВ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Введение. Устойчивые тенденции к оптимизации деятельности системы образования высшей школы нашли свое отражение в переходе белорусской высшей школы по ряду специальностей на четырехлетнее обучение. Вследствие этого возникает потребность во внедрении и адаптации имеющихся результатов научных исследований в реальный процесс обучения математике студентов технических специальностей, в научном подборе и обосновании соответствующих, качественно новых методик и механизмов организации учебного процесса с учетом потребностей специальности и значительным сокращением аудиторных часов на изучение математики для большинства технических специальностей. Достижение решения названных задач во многом зависит не только от набора полученных и усвоенных студентами знаний, сформированных компетенций, но и от таких качеств, как способность к обучению, к самообучению, саморазвитию и т. д. Наши исследования направлены на изучение этих вопросов в контексте применения УМК (в широком смысле) [1—5].

Основная часть. Опытные экспериментальные исследования, проведенные нами, позволяют сделать следующий вывод. Организуя на аудиторных занятиях деятельность преподавателя и студента с использованием УМК (в широком смысле), можно добиться оптимальных результатов усвоения содержания курса математики, формирования навыков самостоятельной познавательной деятельности и необходимых компетенций. При подготовке к организации педагогического эксперимента мы исходили из предположения о том, что поэтапное внедрение самостоятельной работы студентов позволит выработать навыки познавательной самостоятельности. Применение внеаудиторных работ с использованием практико-ориентированных заданий позволяет расширить круг решаемых задач инженерно-физического содержания, обеспечить самоконтроль и самокоррекцию учебно-познавательной деятельности студентов и, как следствие, повысит математическую подготовку. При этом следует уделять внимание осуществлению межпредметных связей математики с численными методами, физикой, информатикой и теоретической механикой. Проводимый нами педагогический эксперимент проходил в три этапа (констатирующий, поисковый и формирующий) и осуществлялся в течение 2006—2016 годов в Полоцком государственном университете.

На первом этапе в целях выявления исходного уровня математической подготовки студентов-первокурсников мы сравнивали полученные данные для контрольной и экспериментальной групп по четырем независимым направлениям: результаты выполнения единой мини-контрольной, результаты централизованного

тестирования, итоговые (приведенные в аттестате) оценки успеваемости по математике. Результаты мини-контрольной работы, разработанной в разделе знаний с традиционным курсом математики, позволили выявить пробелы в знаниях каждого студента, выделить те темы школьного курса математики, на которые следует обратить пристальное внимание при дальнейшей подготовке студентов. Данные анкетирования показали, что внедрение самостоятельной учебной деятельности не представляется возможным в полной мере, начиная с I курса, так как студенты-первокурсники приходят с недостаточно сформированными навыками организации своей учебной деятельности, тем более применимыми в условиях высшей школы. Вероятно, сказывается недостаточная адаптированность к новым условиям.

Итогом этого этапа эксперимента явилось представление о состоянии математической подготовки студентов указанных специальностей. Выявлено противоречие, которое было обусловлено несоответствием возросших требований к математической подготовке студентов технических специальностей со стороны преподавателей специальных дисциплин (теоретическая механика, физическая химия и т. д.) и теми исходными данными подготовки абитуриентов, поступивших на указанные специальности, средствами и временем, которым располагали преподаватели высшей математики на технических специальностях в университетах. Мы пришли к выводу, что необходимы новые подходы, методы и приемы, которые должны усовершенствовать систему математической подготовки студентов технических специальностей, а значит, повысить эффективность обучения. Одним из факторов успешного осуществления заявленной цели нам представляется увеличение роли применения УМК для научной организации самостоятельной познавательной деятельности студентов.

Второй этап эксперимента — поисковый. На этом этапе формулировались гипотеза и задачи, определялись общие контуры теоретической модели, поиск решения задач исследования. Нами проанализирована методическая система внедрения УМК в обучение математики на технических специальностях, проведено их сравнение. Особое внимание было уделено разработке В. С. Вакульчик. Были проведены занятия, на которых специальным образом строилось обучение понятиям, например, «Поверхности 2-го порядка в пространстве. Эллипсоид, гиперболоиды, конус 2-го порядка, параболоиды, цилиндры 2-го порядка. Метод сечений», «Приложение интегралов к вычислению площадей плоских фигур, длин дуг кривых» и т. д. Подбирались и предлагались студентам практико-ориентированные задачи и визуализированные их решения на примере частного алгоритма или задания на перевод математического содержания с одного языка на другие (создание из текста информационной таблицы или графической схемы), апробировалась специально сконструированная когнитивная графика, которая служит основой принципа визуализации (приложения, разработанные в системах компьютерной алгебры).

Этот экспериментальный этап позволил сформулировать следующие выводы:

- 1) для сознательного усвоения понятий высшей математики в обучении следует на самом первом этапе использовать специальные подходы и формы представления содержания;
- 2) среда обучения должна строиться по определенным правилам. Ее определяет совокупность условий обучения, в которой акцент ставится на формировании не только математических знаний, но и развитии навыков познавательной самостоятельности. Эти условия предполагают наличие как традиционных методов, так и специальных средств и приемов, позволяющих активизировать самостоятельную работу студентов оптимальным способом;
- 3) информационные технологии облегчают формирование активно воспринимать и перерабатывать математическую информацию.

Сформулированные выводы позволили разработать методику и осуществить ее экспериментальную проверку.

Третий этап — формирующий эксперимент. На этом этапе велось экспериментальное обучение студентов выбранных специальностей с применением УМК (в широком смысле), затем была получена оценка эффективности его реализации. Целью педагогического эксперимента являлась апробация и проверка продуктивности УМК (в широком смысле) и его компонентов для обучения математике студентов технических факультетов как средства оптимизации самостоятельной познавательной деятельности.

Обучение велось по экспериментальной методике, отдельные положения которой указаны выше. Дополнительного времени на изучение высшей математики не выделялось, различия касались лишь переструктурирования материала и изменения подходов к его изучению; в экспериментальных группах применялись все компоненты УМК (в широком смысле). В рамках обозначенной проблемы нами ставится задача выбора наиболее оптимальных для конкретных условий подходов к диагностике ЗУН студентов по основным задачам и выделенным целям аналитико-экспериментального исследования. Успешность применения УМК (в широком смысле) и контролирующего компонента в частности нами предлагается оценивать, применяя систему критериев.

Отметим, что важным методическим условием является получение информации не только о математических знаниях студентов, но и о развитии их навыков самостоятельной работы, культуры учебного труда, волевых и других личностных качеств. Нами выявлено и экспериментально обосновано важное педагогическое требование: необходимость наличия значительного количества контрольных точек в первом семестре и, по мере роста у студентов навыков самоконтроля, последовательное уменьшение их количества, снижение степени их «жесткости» в следующих семестрах.

Заключение. Анализ экспериментальных данных третьего этапа позволяет утверждать, что на завершающем этапе эксперимента доля студентов с «низким» уровнем успеваемости снизилась как в экспериментальных (на 5 %), так и в контрольных группах (на 2,6 %). Доля студентов, получивших итоговый балл «4—5» (что соответствует базовому уровню) в экспериментальных группах уменьшилась на 13,8 %, в контрольных — увеличилась на 9,5 %. Доля студентов с прикладным уровнем успеваемости повысилась на 38,7 % в экспериментальных группах, на 14,3 % — в контрольных. Отдельно следует отметить значительное увеличение (на 15 %) количества студентов экспериментальной группы, получивших оценки «9—10».

Список цитируемых источников

1. Вакульчик, В. С. Методические средства и приемы реализации когнитивно-визуального подхода при обучении математике студентов технических специальностей / В. С. Вакульчик, А. П. Мателенок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Е: Педагогические науки. — 2013. — № 15. — С. 40—47.
2. Мателенок, А. П. Проектирование практических занятий в процессе обучения математике студентов технических специальностей как компонента учебно-методического комплекса (в широком смысле) / А. П. Мателенок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Е: Педагогические науки. — 2016. — № 7. — С. 32—39.
3. Вакульчик, В. С. Содержательно-методический и оргуправленческий аспекты проектирования и функционирования систематического контроля как важной компоненты УМК в процессе обучения математике студентов технических специальностей / В. С. Вакульчик, А. П. Мателенок // Вестн. ВГУ им. П. М. Машерова. — 2015. — № 2—3 (86—87). — С. 108—117.
4. Мателенок, А. П. Информационные технологии в обучении математике студентов технических специальностей / А. П. Мателенок // Вестн. Віцеб. дзярж. ун-та. — 2013. — № 1 (73). — С. 116—122.
5. Вакульчик, В. С. Научно-методические основы проектирования лекционных занятий как компонента учебно-методического комплекса (в широком смысле) для процесса обучения математике студентов технических специальностей / В. С. Вакульчик, А. П. Мателенок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Е: Педагогические науки. — 2017. — № 7. — С. 39—49.

УДК 372.8

Ю. Ф. Мирошникова, Г. В. Качкар

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ДИАГНОСТИКА ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Введение. В настоящее время основными задачами в сфере высшего образования Республики Беларусь являются повышение качества подготовки специалистов и повышение конкурентоспособности высшего образования в мировом образовательном пространстве. Поэтому одним из эффективных направлений при реализации поставленных задач является использование современных технологий обучения, направленных на формирование профессиональных компетенций и современных методов диагностики учебных достижений студентов, позволяющих корректировать учебный процесс.

Основная часть. Диагностика знаний, умений и навыков студентов по физико-математическим дисциплинам — это совокупность приемов контроля и оценки знаний, умений и навыков, направленных на оптимизацию преподавания физико-математических дисциплин и дифференцированный подход к студентам. Регулярная диагностика достижений студентов является неотъемлемой частью организации занятий по физико-математическим дисциплинам. Она выполняет следующие функции:

1) контролирующую, которая предполагает выявление достигнутого уровня знаний студентов, умений и навыков решения ими задач в целях определения их готовности к последующему изучению нового тематического блока или темы, анализируется планируемое с действительным, оценивается эффективность методов обучения преподавателя;

2) обучающую, которая позволяет студенту не только решать стандартные задачи и давать ответы на вопросы, но также находить решения для задач повышенного уровня, учит студента выделять главное в изученном материале, применять нужные формулы и утверждения для решения различных типов задач;

3) воспитывающую, которая подразумевает проведение регулярного контроля достижений студентов, что позволяет повысить его личную ответственность при изучении дисциплины, приучить его самостоятельно решать поставленные задачи, адекватно оценивать свои результаты работы по изученным темам и реально оценивать свои возможности, воспитывать у студентов такие качества, как честность, аккуратность, настойчивость и трудолюбие;

4) побуждающую, призванную стимулировать учебно-познавательную деятельность студентов в целях получения более высоких оценок и изучения новых тем, возможно, на повышенном уровне.

Чтобы реализовать перечисленные функции при проведении диагностики достижений студентов по физико-математическим дисциплинам, необходимо учитывать следующие принципы: объективность, систематичность, гласность, всесторонность, дифференцированный подход; использовать следующие виды диагностики знаний, умений и навыков студентов:

— предварительный контроль, который проводится в целях выявления имеющихся знаний, умений и навыков студентов на начальном этапе изучения дисциплины, как правило, на первом практическом занятии, что позволяет преподавателю выбрать наиболее эффективные методы и формы обучения, соответствующие уровню школьных знаний студентов;

— текущий контроль осуществляется по ходу изучения дисциплины, возможен на каждом практическом или лабораторном занятии, что стимулирует студента готовиться к каждому занятию и дает возможность преподавателю определить уровень полученных студентами знаний, позволяет своевременно выявить пробелы и оказать им помощь в их устранении;

— периодический контроль осуществляется в виде промежуточного контроля, который позволяет определить уровень знаний, умений и навыков по изучаемой дисциплине за определённый период;

- тематический контроль проводится после изучения темы, раздела для определения степени их усвоения;
- итоговый контроль проводится в конце семестра и определяет уровень достижений студентов по изученной дисциплине;
- отсроченный контроль осуществляется для определения остаточных знаний и умений спустя некоторое время после изучения темы, раздела, курса.

Контроль при изучении физико-математических дисциплин осуществляется в различных формах: индивидуальный, групповой и фронтальный. Для эффективности диагностики используются все формы контроля.

Представим наиболее эффективные методы диагностики по физико-математическим дисциплинам (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Методы диагностики достижений студентов по физико-математическим дисциплинам

Вид контроля	Метод диагностики	Эффективность
Предварительный	Тестирование, математический (физический) диктант, индивидуальный опрос, контрольная работа	Определение исходного уровня знаний
Текущий	Тестирование, математический (физический) диктант, устный опрос, контрольная работа, самостоятельная работа, защита лабораторных работ, решение задач по модулям	Определение уровня знаний на каждом практическом или лабораторном занятии
Периодический (промежуточный)	Тестирование, контрольная работа	Определение уровня знаний за определённый промежуток времени
Тематический	Тестирование, математический (физический) диктант, устный опрос, письменный опрос, контрольная работа, самостоятельная работа, защита лабораторных работ, коллоквиум, защита управляемой самостоятельной работы, выполнение индивидуальных домашних заданий и их защита	Определение уровня знаний по определённой теме или разделу
Итоговый	Экзамен, зачёт	Определение уровня знаний по изученной дисциплине за семестр

Применение выборочных методов диагностики знаний, умений и навыков студентов не может отвечать всем вышеописанным требованиям. Только применение их в комплексе может давать полную картину уровню усвоения материала, выполнению всех функций диагностики и, соответственно, правильно корректировать методы преподавания дисциплины.

Заключение. Диагностика достижений знаний, умений и навыков студентов по физико-математическим дисциплинам, реализуемая по принципам с помощью представленных методов, выполняет все свои функции, которые позволяют повышать качество подготовки специалистов, что даёт им возможность конкурировать на рынке труда.

УДК 378.016:51

Ю. П. Нерода

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УЧРЕЖДЕНИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Введение. Проблема математической подготовки студентов университетов, в том числе технических, в последнее время особенно актуальна. Математическая подготовка в высшей школе неразрывно связана с математическими знаниями, которые получены обучающимися в школе. Приходя в университет, бывшие школьники испытывают значительные трудности при переходе к новой ступени образования: более сложная система знаний и резко возросшая плотность информации, новые формы занятий, повышенные требования к уровню знаний и умений. А еще при этом у студентов отсутствует мотивация достижения успехов в обучении.

Основная часть. Изменение правил поступления в учреждения высшего образования и введение централизованного тестирования также оказали влияние на качество математической подготовки выпускников школ, изменив направленность школьного математического образования в сторону решения тестовых задач и выбора ответа из предложенных. Мало внимания в школе уделяется развитию навыков вычислений без калькулятора и осуществления тождественных преобразований алгебраических выражений. Логическим рассуждениям, изложению теории уделяется также мало времени. В результате первокурсники не понимают, зачем нужны лекции, зачем учить теорию, не способны воспроизвести даже основные определения. Появление новых учебных предметов, время на изучение которых выделяется за счет сокращения часов, отводившихся для традиционно читаемых курсов, например, курса высшей математики, предполагает изучение абсолютно нового материала на каждом занятии и не оставляет времени на его закрепление [1].

Все эти утверждения сами по себе справедливы, но их высказыванием нельзя ограничиваться. Это должно сопровождаться анализом причин, вызывающих эти факты, тогда следствием могут быть предложения, как улучшить дело. Что можно сделать в такой ситуации? Рассмотрим некоторые направления решения проблем.

Семья должна выступать кузницей ценностных ориентаций. Семья оказывает огромное воздействие на формирование ценностных ориентаций молодого человека, так как они формируются в зависимости от отношений в семье, от воспитания. Формирование системы ценностных ориентаций подростка определяет дальнейший путь профессионального самоопределения личности, посредством которого она становится полноправным членом общества. В семье прежде всего прививаются чувства любви и долга, заботы о нравственном воспитании детей и взрослых и их самовоспитании, а также уважение к старшим, воспитание любви к труду. Сегодня же во многих семьях мы наблюдаем совершенно иную картину.

Дошкольная и школьная математическая подготовка. Одна из основных задач дошкольного образования — математическое развитие ребенка. Оно не сводится к тому, чтобы научить дошкольника считать, измерять и решать арифметические задачи. Это еще и развитие способности видеть, открывать в окружающем мире свойства, отношения, зависимости, умения их «конструировать» предметами, знаками и словами. Также выделим некоторые рекомендации для учителя математики: материал на уроках необходимо излагать в простой, доступной, понятной большинству учащихся форме; формы работы на уроках необходимо разнообразить, повышая тем самым интерес к предмету; необходимо добиваться от учащихся не формального усвоения программного материала, а глубокого осознанного его понимания. В этом направлении участие, например, может быть выражено в активном внедрении инновационных педагогических технологий. Среди таких технологий особо выделяются системы развивающего обучения. Обучение в школе должно обеспечивать выпускника качественной математической подготовкой, достаточной для продолжения образования в университете и включающей владение как основными понятиями, правилами, формулами, так и навыками логического рассуждения, анализа, исследования. Нельзя обойти проблему обучения составлению задач: очень мало мы занимаемся ею при обучении математике. А ведь именно этот процесс как никакой другой способствует развитию навыков логического мышления, формирует подлинные математические знания. Именно математика, ее методы рассуждения развивают логическое мышление и вырабатывают умственную способность обучаемого, прокладывают между различными науками невидимые пути и служат той основой, на которой строятся и держатся современные достижения общества.

В настоящее время учебники абсолютно ничего не говорят о том, какие разделы существуют за рамками школьного курса. Это создает у школьников впечатление завершенности, исчерпанности математики как науки, обедняет их представление о ней. Поэтому и со страниц учебника, и из учительских уст ученик средней школы должен иметь возможность узнать, услышать о мире математики, который несравненно шире, чем школьный курс [2].

Формирование и развитие мотивации достижения успехов у студентов. Для развития высокой мотивации достижения студент должен иметь сформированный образ будущей профессии, который придаст личностный смысл образовательному процессу. Студент будет мотивирован на результат, когда поймет, каким образом получаемые знания влияют на изменение его профессиональной ситуации, как они помогут решать профессиональные задачи. Согласно результатам исследований, уровень мотивации достижений достаточно высок на I и V курсах. Это обусловлено тем, что студенты I курса стремятся проявить себя во всех областях студенческой жизни, максимально показать свои способности для того, чтобы занять достойное место в новом молодежном сообществе и на новом этапе жизни, тем более что многие из них самостоятельно выбрали специальность обучения. Студенты V курса находятся максимально близко к цели обучения, к получению профессии, подтвержденной дипломом. Эта цель доминирует среди ценностей студента. Чем ближе он к этой цели, тем сильнее выражен мотив стремления к успеху в качестве ведущего элемента мотивации достижения [3].

Профессионализм преподавателей. Надо признать, математика является одной из самых непривлекательных дисциплин для обучающихся, и повышение уровня математических знаний сопряжено со значительными педагогическими трудностями. Одна из задач педагога — отыскать характерные и простые примеры, глубоко продумав при этом методику их воздействия на обучаемых. Наиболее эффективно это осуществляется на задачах, ориентированных на математические модели общепрофессиональных дисциплин. Связь теории с практикой можно осуществлять, включая в процесс преподавания методически подобранные задачи. На занятиях необходимо показывать универсальность математических формул для решения различного рода инженерных, экономических задач. Формирование профессиональной компетентности студента университета возможно лишь при условии интеграции знаний и умений, полученных в процессе изучения естественнонаучных дисциплин, в основе которых лежит качественное математическое образование. Без систематического показа возможностей

математики трудно убедить студентов в необходимости изучения математики. Это требует иной формы преподнесения материала, что осуществляется с помощью использования в образовательном процессе активных и интерактивных форм обучения, например, эвристической беседы, проблемной лекции, диалогического проблемного обучения, дискуссии, творческого задания, деловых и ролевых игр, тренингов, коллоквиумов, «мозгового штурма» и др. Данные формы обучения побуждают студентов в процессе изучения математики к активной мыслительной и практической деятельности. В процессе обучения деятельность преподавателя направлена прежде всего не на изложение готовых знаний, их запоминание и воспроизведение студентами, а на самостоятельное овладение обучающимися знаниями и умениями в процессе активной мыслительной и практической деятельности. Особенность активных и интерактивных форм обучения состоит в том, что в их основе заложено побуждение к мыслительной и практической деятельности, без которой нет движения вперед в овладении знаниями. Немаловажным условием является развитие математической культуры, повышение роли самообразования студентов. Среди технологий, способствующих самообразованию студентов, выделяют исследовательские, творческие, проектные. Исходя из этого целесообразно предлагать студентам выполнять научно-исследовательские и проектные работы по истории математики, комбинаторике, логике, алгебре, геометрии и др.

Заключение. Завершив обучение математике, студент должен вынести ощущение глубокой связи математической теории и методов с практическими задачами и убедиться в необходимости математических знаний для их решения. При этом, обучая студентов, преподаватели должны показать не только возможности математических методов, но и ограниченность каждого из них в отдельности, т. е. необходимость развития математики как науки. Таким образом, значимое повышение качества математического образования может быть достигнуто лишь в результате системных усилий, которые на разных уровнях находятся в тесной комплексной взаимосвязи. Другими словами, нельзя решить проблему низкого качества математического образования на каком-то одном уровне, не решая ее при этом на других.

Список цитируемых источников

1. Перспективы развития высшей школы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ggau.by/downloads/ggau/sbornik_4_konferency_perspektivy_ggau.pdf/. — Дата доступа: 14.10.2018.
2. О некоторых проблемах преподавания математики в высшей школе [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-nekotoryh-problemah-prepodavaniya-matematiki-v-vysshey-shkole/>. — Дата доступа: 14.10.2018.
3. Развитие мотивации достижения в профессиональном становлении студентов вуза [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitiye-motivatsii-dostizheniya-v-professionalnom-stanovlenii-studentov-vuza/>. — Дата доступа: 14.10.2018.

УДК 620.3:531.4

Е. В. Овчинников, доктор технических наук, доцент

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

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НИЗКОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Введение. Применение наночастиц как модификаторов полимерных матриц приводит к существенному изменению триботехнических характеристик получаемых нанокомпозиционных материалов. Основным доминирующим механизмом трения в контактных парах трения являются физико-химические процессы, обусловленные формированием межконтактного перенесенного слоя [1]. Основной задачей выбора конструкции и материалов многофункциональной триботехнической системы является обеспечение условий оптимального протекания контактных взаимодействий, которые обусловят формирование необходимой структуры перенесенных слоев определенного химического и фазового состава, деформационно-прочностных, геометрических и других характеристик, гарантирующих заданные эксплуатационные параметры в определенных условиях применения.

Целью исследования являлось изучение триботехнических характеристик нанокомпозиционных материалов на полимерной матрице, модифицированной низкоразмерными частицами аллотропных модификаций углерода и ультрадисперсными стеклосферами.

Основная часть. В качестве образцов получали композиционные материалы на основе полимерной матрицы (полиэтилен высокого давления), которая наполнялась функционализированными частицами ультрадисперсного алмазосодержащего графита (далее — ФЧУДАГ). Нанодисперсные частицы имели размеры среднего диаметра: ультрадисперсный алмазосодержащий графит с размером единичных кластеров 10 нм; ультрадисперсный алмаз с размером единичных кластеров 4...6 нм — гидрофобизированные стеклосферы, диаметр — 70 мкм; гидрофобизированные полые стеклосферы, диаметр — 40 мкм.

Композиционные образцы формовались методом литья под давлением на вертикальной литьевой машине производства. Образцы имели стандартизированные размеры: длина — 10 см, ширина — 1 см, толщина —

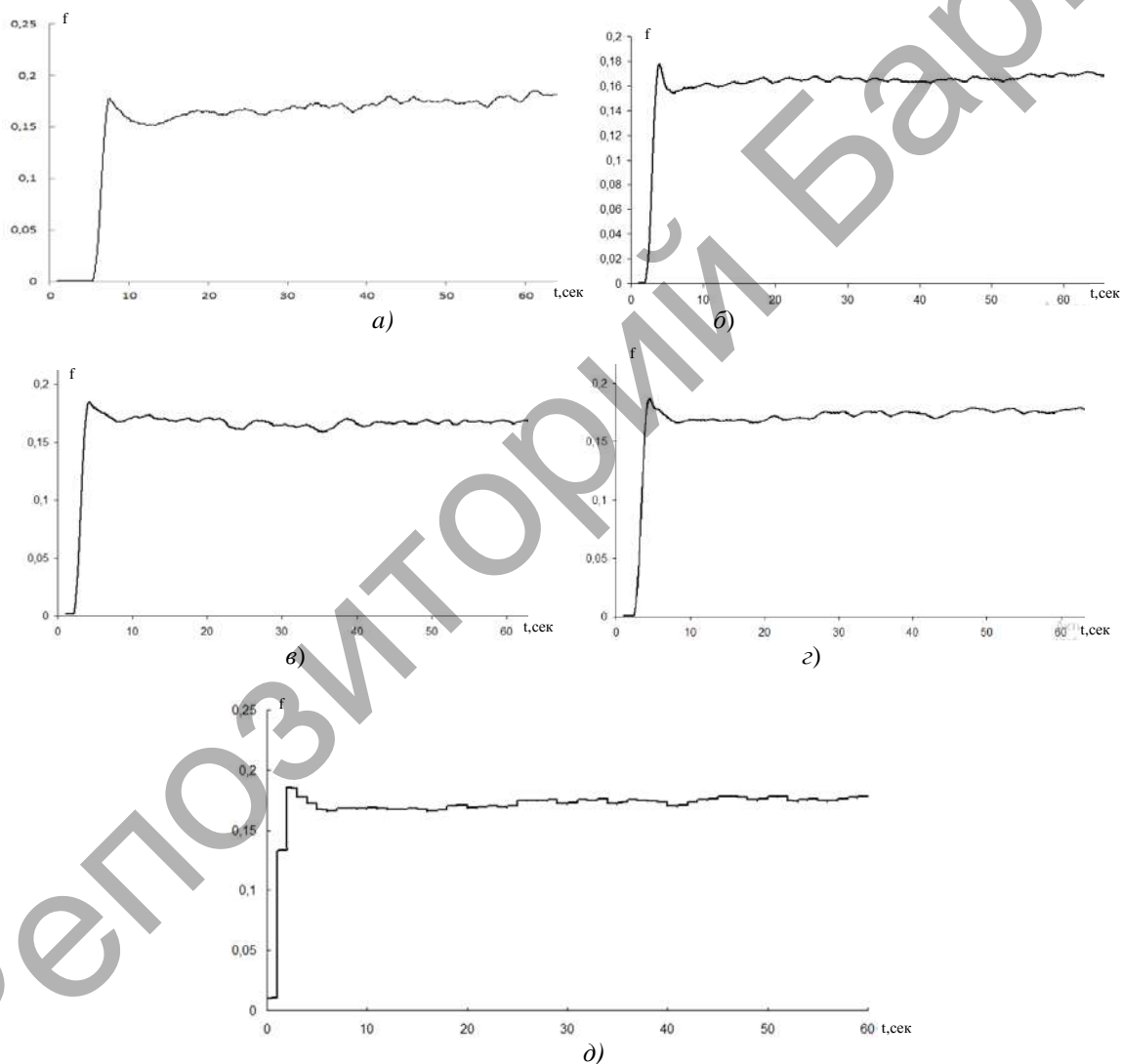
0,5 см. Трибоиспытания образцов проводили на машине трения FT-2 по схеме «сфера—плоскость». В качестве контртела применяли сталь ШХ15, нагрузка составляла 20 Н, скорость скольжения $v = 0,06$ м / с.

Морфологию поверхностей трения изучали методами атомно-силовой и оптической микроскопии. Теплофизические характеристики определяли на дериватографе “Thermoscan”. Скорость нагрева образца составляла 10 град / мин.

На рисунке 1 представлены результаты исследований триботехнических характеристик полиэтилена, модифицированного различными типами функционализированных частиц.

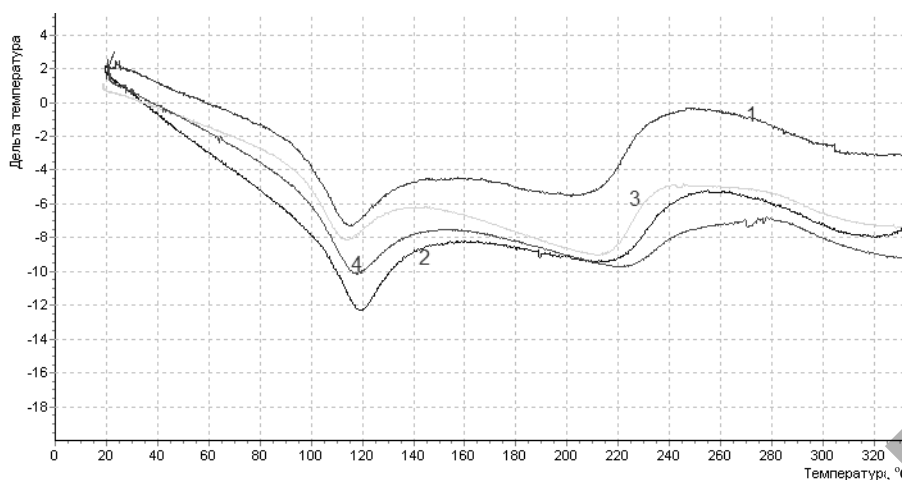
На рисунке 2 представлены характерные кривые дифференциально-термического анализа для полиэтилена, модифицированного различными низкоразмерными частицами.

Исходя из полученных данных, видно, что введение функционализированных наночастиц ультрадисперсного алмазосодержащего графита приводит к увеличению значений температуры плавления композиционного материала по отношению к исходному полиэтилену. Данное возрастание температуры плавления композита возможно объяснить из представлений о степени кристалличности, согласно которым возрастание значения степени кристалличности приводит к увеличению температуры плавления и физико-механических характеристик.



a — исходный; *b* — 5 мас. % углеродсодержащий шихты; *v* — 5 мас. % гидрофобизированные стеклосферы; *z* — 0,1 мас. % гидрофобизированные полые стеклосферами; *d* — 5 мас. % ультрадисперсный алмаз

Рисунок 1 — Графики зависимости коэффициента трения μ пары «композиционный полиэтилен — ШХ15» от времени испытаний t_n для полиэтилена наполненного



1 — исходный полиэтилен; 2 — полиэтилен, модифицированный 1 масс. % ФЧУДАГ;
3 — полиэтилен, модифицированный 0,5 масс. % ФЧУДАГ; 4 — полиэтилен, модифицированный 0,25 масс. % ФЧУДАГ

Рисунок 2 — Термограммы полиэтилена, содержащего ФЧУДАГ

Заключение. Применение низкоразмерных частиц для модифицирования полимерных матриц приводит к изменению триботехнических характеристик полученных композиционных материалов. Показано, что модифицирование полиэтилена всеми типами рассматриваемых низкоразмерных частиц приводит к снижению значений коэффициента трения и уменьшению износа. Наибольший эффект достигается при введении ультрадисперсного алмазосодержащего графита. Возможным механизмом увеличения триботехнических характеристик разработанных наноконпозиционных полимерных материалов является образование лабильной сетки физических связей в структуре полимерной матрицы при введении низкоразмерных частиц.

Список цитируемых источников

1. Витязь, П. А. Перспективные нанофазные материалы на основе ультрадисперсных алмазов / П. А. Витязь // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения : сб. науч. тр. — Новополоцк, 2001. — С. 4—8.

УДК 37.02:378

Т. А. Романчук, кандидат физико-математических наук, доцент

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

ЛИЧНОСТНО ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ: ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ОРГАНИЗАЦИИ

Введение. Требования, предъявляемые в последнее время к выпускникам учреждений высшего образования (ответственность, инициативность, самостоятельность, нестандартность мышления), вынуждают преподавателей искать и использовать в учебном процессе те способы и методики преподавания, которые были бы направлены в первую очередь на индивидуальное развитие каждого студента, на раскрытие его личных способностей с предоставлением ему возможностей для самореализации. В контексте этого специалисты все чаще говорят о личностно ориентированном обучении как одном из наиболее соответствующих современным требованиям к образованию.

Основная часть. Суть личностно ориентированного образования состоит в том, что студент рассматривается как равноправный субъект учебного процесса, имеющий свою активную позицию, а не как его пассивный участник при подавляющей роли преподавателя. Таким образом, учебный процесс должен быть совместной равноправной деятельностью студента и преподавателя.

Первый год обучения в университете — довольно непростой период в жизни любого студента, особенно в том случае, когда он уезжает для этого в другой город. Ему приходится учиться жить самостоятельно, самому принимать решения и брать на себя ответственность за них, и как нам кажется, именно в это время (а не в под-ростковом периоде) у человека происходит поиск себя и своего места в жизни. Отчасти, наверное, именно этим можно объяснить один из самых популярных вопросов студентов при объяснении той или иной темы: «А зачем

мне это надо?» В традиционной системе обучения преподаватель, скорее, ответил бы, что «надо, потому что надо» или «это предусмотрено программой»; при лично ориентированном обучении такой ответ в принципе невозможен. Современного студента нельзя «задавить» учебным материалом по принципу «так надо», ему нужно показать в первую очередь его практическое применение, чтобы получаемые знания приобрели какую-то личностную ценность и важность, смогли встроиться в общий учебный контент, дополняя целостность всего содержания образования. Здесь ключевую роль может сыграть профессиональная наполненность предлагаемого материала, решение не сугубо математических задач (например, вычисление интеграла), а их межпредметные приложения (применение интеграла в физике, механике или математическом моделировании). Конечно же, проведение таких занятий требует от преподавателя более тщательной подготовки, но заинтересованные и увлеченные лица студентов, которые более активно включаются в этот случай в работу (они начинают понимать, зачем им это все-таки надо), безусловно, стоят затраченных усилий. В то же время нельзя не отметить, что каждое практическое или лекционное занятие провести в таком ключе невозможно, но и упускать эту возможность нельзя еще и потому, что в этом случае многократно повышается мотивация студента к учебе, тем самым влияя и на эффективность всего учебного процесса.

Для преподавателя очень важно знать, что студент учится не по принуждению, а по собственному желанию, потому что ему это интересно и нужно. Для достижения такой цели преподавателю необходимо пересмотреть или полностью изменить стиль своей работы. В первую очередь из нее должна уйти авторитарность, преподаватель должен перестать воспринимать себя как «истину в последней инстанции», он должен быть готов к дискуссиям со своими студентами, не навязывать им своего способа решения задач, стимулировать их активную самостоятельную познавательную деятельность. Как нам кажется, лучше обсудить меньшее количество задач, но так, чтобы студенты сами постепенно пришли к их решению, чем они будут просто переписывать предлагаемое преподавателем решение без малейшего понимания, как к нему прийти и с чего начать. Однако на практике бывает, как правило, наоборот: ввиду сокращения аудиторных часов преподаватель, стремясь разобрать как можно большее количество задач, просто не имеет времени ждать, когда студенты сами в чем-то разберутся. В этом случае ни о каком качестве образования, к сожалению, говорить не приходится, потому что как бы старательно студент не переписывал чужое решение, сам он при этом ни чему не учится; наиболее ярко это проявляется при написании контрольных работ, когда прилежный студент, посещающий все пары, сдает абсолютно «чистый» лист, будучи не в состоянии решить ни одной задачи. Лично ориентированное обучение направлено именно на устранение таких ситуаций, ведь одна из его идей состоит в том, что «нельзя научить, но можно научиться»; знания и умения, которые студент приобретает в университете, — это не «передача» готовой информации от преподавателя, а результат личной активной работы, и каждый студент должен четко это понимать (к сожалению, именно с осознанием этого факта студентами и есть определенные проблемы). И здесь во многом от преподавателя зависит, насколько правильно и продуктивно будет организована учебная деятельность студента; в оптимальном варианте должна быть создана такая обстановка, в которой студент смог бы «самообразовываться» под контролем и вниманием со стороны педагога. Необходимо всячески поддерживать студента в стремлении к самостоятельной работе, к высказыванию своих мыслей, пусть и неверных (в этом случае студент не должен бояться показаться глупым), студент должен чувствовать доверие преподавателя и его веру в то, что у него (студента) все получится (из личного опыта можем сказать, что это является огромным стимулом для слабых, но старательных студентов).

При планировании занятия преподаватель должен обязательно учитывать особенности студенческой группы целиком (или отдельных студентов в частности), ведь зачастую бывает, что то, что возможно с одними студентами, другим оказывается не под силу. Это не тот случай, когда должна быть «уравниловка», несмотря на наличие некоего общего стандарта. Состав любой учебной группы является очень неоднородным по знаниям и способностям студентов, и это нельзя игнорировать. Если преподаватель будет ориентироваться на сильных студентов, он «потеряет» более слабых, если же поступить наоборот, то крепкие студенты перестанут учиться, наивно полагая, что они абсолютно все знают и умеют. Таким образом, аудиторная работа должна быть организована так, чтобы каждый студент мог выбрать подходящие его уровню и успеваемости задачи, то же самое касается и домашнего задания. Для того чтобы каждый студент смог его сделать, оно должно быть дифференцированным и содержать задания разной сложности: 1) для студентов послабее это могут быть абсолютно однотипные задания для решения по образцу, цель которых — запоминание материала и более детальная отработка навыков решения простейших задач; 2) для студентов со средним уровнем успеваемости должны быть более разнообразные задания, направленные не только на закрепление, но и углубление знаний (пусть и небольшое); 3) сильным же студентам можно наряду со стандартными задачами предложить и несколько заданий повышенной сложности, чтобы активизировать их мыслительную и познавательную деятельность, а также для того, чтобы у них не появлялось чувство ложной самоуверенности. Безусловно, такая форма домашнего задания требует дополнительного времени для его проверки, но рано или поздно, как нам кажется, такая работа даст свой результат.

Похожим образом обстоит дело и с контролем знаний. Если текущий контроль является промежуточным и у студента всегда есть возможность что-то исправить, то существующий подход к выставлению экзаменационной оценки имеет некоторые противоречия с лично ориентированным обучением, особенно это касается слабоуспевающих студентов. Ведь «двоечники» бывают разные, большинство из них, конечно же, лентяи, но есть и очень старательные и исполнительные студенты, у которых просто что-то не получается. С одной стороны, такой студент остается по сути «двоечником», но с другой — относительно себя самого он делает определенные

успехи, но возникает вопрос, как их оценить? Пожалуй, это именно та ситуация, где каждый преподаватель решает сам для себя, к сожалению, здесь нет готовой инструкции, как поступить.

Реализация лично ориентированного подхода невозможна без использования соответствующих педагогических технологий, особенностью которых является их направленность на индивидуальное развитие студента в соответствии с его способностями, на предоставление ему большей самостоятельности. К таким технологиям специалисты относят уже упомянутое выше разноуровневое обучение, работу в группах, метод проектов. Более подробно хотелось бы остановиться на групповом обучении, которое позволяет добиваться неплохих результатов в работе. Студенты, с учетом их возможностей, делятся на группы, и в каждой из них организуется 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 к себе чуть больше внимания. 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 одноклассника, 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 все-таки 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 [1].

Заключение. Нельзя не отметить, что наряду со всеми плюсами, которые дает лично ориентированное обучение, существует и ряд нюансов при его использовании в учебном процессе. Основным из них, на наш взгляд, является психологическая неготовность к этому как со стороны преподавателей, так и со стороны студентов. Для успешной реализации такого обучения в системе высшего образования его основы должны закладываться еще в школе, и, как нам кажется, это именно то направление, в котором должно развиваться современное образование, чтобы наши выпускники были востребованными на рынке труда специалистами.

Список цитируемых источников

1. Романчук, Т. А. Мотивация студента к обучению: изучать и использовать / Т. А. Романчук // Материалы IV международной научно-практической конференции «Техника и технологии: инновации и качество» 19.12.2017. — Барановичи, БарГУ, 2018. — С. 125—127.

УДК 681.7.015.2+620.179.13

М. И. Химерик, В. А. Иваницкий, Е. Н. Горелький, Е. А. Мойсейчик, кандидат технических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И НАПРАВЛЕНИЕ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Введение. Стремительно развивающимся инновационным направлением для систем автоматизации сельскохозяйственного производства является техническое зрение (ТЗ). Внедрению в сельское хозяйство систем ТЗ способствуют сравнительно небольшая стоимость, постоянство, быстродействие и высокая точность. Для мониторинга технологических процессов используются камеры видимого и инфракрасного излучения [1; 2].

Основная часть. Инженеры и ученые, работающие в области создания и исследования сенсоров видения, активно используют в своих разработках зрительные системы, созданные природой в процессе эволюции. Первые системы технического (машинного, компьютерного) зрения (далее — СТЗ), нашедшие применение в средствах робототехники, копировали органы зрения живых организмов, развиваясь в такой последовательности: черно-белые монокулярные СТЗ, цветные, стереоскопические и многоакурные с различными вариантами аппаратной реализации [2—4]. Современные СТЗ находят своё применение в космических, авиационных, наземных, надводных и подводных мобильных средствах, т. е. там, где необходим анализ внешней обстановки в режиме реального времени. Бурное развитие современных технологий в микроэлектронике привело к созданию миниатюрных и энергетически экономичных линейных и матричных приемников оптического излучения. Обладающие высокой чувствительностью и достаточно высоким уровнем пространственного и цветового разрешения СТЗ, построенные на базе твердотельных датчиков видеоинформации, служат незаменимыми источниками информации при создании мобильных систем с супервизорным управлением [3].

Понять основные принципы дистанционного восприятия и оценки информации с использованием электромагнитного излучения можно на основе восприятия зрительной информации глазом человека [4].



Рисунок 1 — Схема зрительной сенсорной системы человека

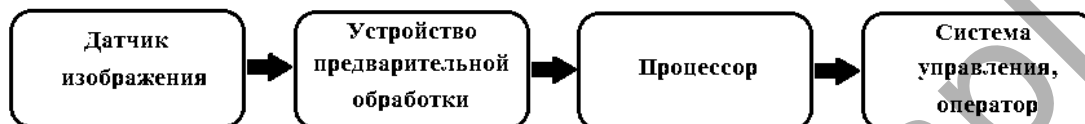


Рисунок 2 — Структура типовой СТЗ

Краткое рассмотрение зрительной сенсорной системы человека позволяет убедиться в ее сложности, эффективности, компактности и множестве белых пятен в ее познании [3; 4]. Вместе с тем основные структурные элементы этой системы можно представить схемой (рисунок 1). Полезно сопоставить структурную схему рисунка 1 с соответствующими схемами, отображающими работу большинства современных СТЗ и инфракрасных приборов дистанционного измерения и фиксации температур. С этой целью на рисунке 2 показана структура типовой СТЗ: датчик (сенсор) изображения, устройство предобработки (последнее может быть объединено с датчиком в цифровой датчик) и процессор, выходная информация от которого поступает в систему управления и к человеку-оператору для дальнейшего использования.

Основной тип современных СТЗ — это однопроцессорные системы на базе персонального компьютера [3]. Основные задачи, которые решают СТЗ, следующие: получение общей зрительной картины окружающей внешней среды; выделение в этой картине отдельных объектов и их распознавание, включая кластеризацию (разбиение на классы по близости по некоторым важным признакам), классификацию (отнесение к определенным заданным классам), верификацию (обнаружение конкретного искомого объекта); определение характеристик тех из выявленных объектов, которые нужны для выполнения конкретных заданий [3]. Датчик изображения (см. рисунок 2) — это дистанционный оптоэлектронный преобразователь, работающий в различных диапазонах электромагнитного излучения (видимого света, инфракрасного, радиоизлучения, ультрафиолетового, рентгеновского и гамма-излучений). Предварительная обработка осуществляется специальным устройством ввода (цифровая плата с памятью изображения).

В соответствии с назначением в СТЗ последовательно решаются следующие задачи обработки зрительной информации: предварительная обработка видеоизображения, получаемого от датчика, в виде его фильтрации в целях повышения качества изображения, сглаживания, повышения контрастности с усилением границ объектов и их частей; преобразование аналогового сигнала в цифровой; декомпозиция изображения с последовательным выделением отдельных объектов из общей картины, затем их частей и т. д.; определение характеристик выделенных объектов для их последующего распознавания; распознавание, т. е. кластеризация, классификация или верификация.

Большинство способов и приемов обработки изображений в СТЗ копирует существующие в живой природе [3].

Заключение. На сегодня СТЗ в сельскохозяйственном производстве концентрируют большое количество технических знаний из физики, математики, кибернетики. Эти системы заменяют человека в ряде технологических производств (точное земледелие, обработка и подкормка растений, уборка, хранение и др.). Совершенствование существующих систем СТЗ происходит с использованием биологических систем зрения в качестве аналогов.

Список цитируемых источников

1. Дятлов, Е. И. Машинное зрение (аналитический обзор) / Е. И. Дятлов // Матем. машини і системи. — 2013. — № 2. — С. 32—40.
2. Мойсейчик, Е. А. Физические основы теплового контроля изделий : практ. пособие / Е. А. Мойсейчик. — Барановичи : Изд. ЕГХ, 2018. — 96 с.
3. Юревич, Е. И. Сенсорные системы в робототехнике : учеб. пособие / Е. И. Юревич. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. — 100 с.
4. Колосова, Н. И. Биофизика сенсорных систем : учеб.-метод. пособие / Н. И. Колосова, Е. Н. Денисов. — Оренбург : Изд-во ГБОУ ВПО ОрГМУ, 2015. — 101 с.

СЕКЦИЯ 4

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.373

А. В. Алифанов, профессор, доктор технических наук, И. А. Богданович, кандидат технических наук, доцент, В. В. Малеронок
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МЕТОД И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СКИН-ЭФФЕКТА

Введение. Известно, что при магнитно-импульсной обработке металлических изделий в их поверхностном слое образуется достаточно высокая температура (до 1 000 °С), в результате чего происходят рекристаллизационные процессы, приводящие к измельчению зерен [1; 2]. Это является одной из основных причин упрочнения изделий. Для оценки эффективности упрочняющего воздействия магнитно-импульсной обработки необходимо, кроме исследования структуры поверхностного слоя изделия, измерить толщину упрочненного слоя. Для этого процесса необходимо осуществить трудоемкую и достаточно сложную работу: вырезать из обработанного изделия небольшие образцы, изготовить шлифы, протравить, а затем исследовать образец с помощью металлографического микроскопа. В данной работе предлагается применять метод неразрушающего исследования, основанный на проявлении скин-эффекта при прохождении через металлический образец тока высокой частоты.

Основная часть. Скин-эффект, или поверхностный эффект, — эффект уменьшения амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды. В результате этого эффекта переменный ток высокой частоты при протекании по проводнику распределяется не равномерно по сечению, а преимущественно в поверхностном слое. А так как при магнитно-импульсном упрочнении происходит воздействие именно на верхние слои изделия, то анализ данного эффекта позволит говорить о качестве упрочнения (однородность, мелкодисперсность, толщина упрочненного слоя).

Для исследования свойств поверхностного слоя стального образца в данной работе использованы осциллограф и генератор высокой частоты, которые в совокупности представляют собой USB-приставку к персональному компьютеру (рисунок 1).

Для опробования нового метода структурного анализа стальные образцы подвергались коррозии для повышения чувствительности приборов. После магнитно-импульсной обработки образцы подсоединяются к измерительному комплексу с помощью специальных щупов (рисунок 2).

Температуру образцов после обработки в индукторе измеряли пирометром.

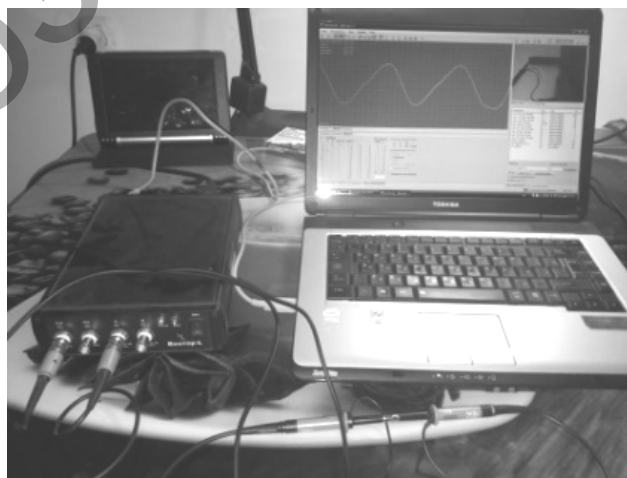


Рисунок 1 — USB-приставка к компьютеру, содержащая осциллограф и генератор сигналов произвольной формы

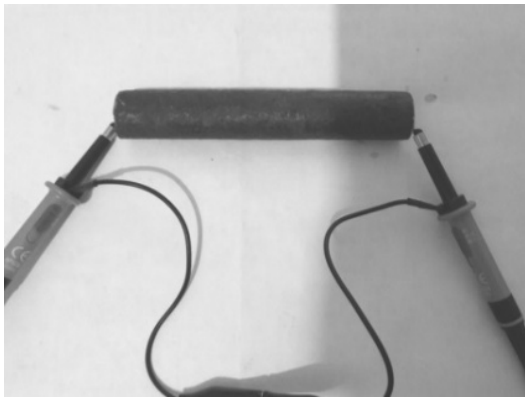


Рисунок 2 — Стальной образец с подсоединёнными щупами для проведения измерений

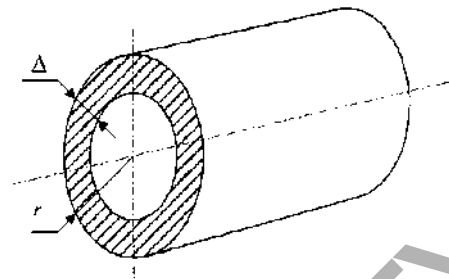


Рисунок 3 — К пояснению скин-эффекта

Проведенный анализ существующих математических моделей скин-эффекта в токопроводящих жилах кабелей позволил определить область их применения. Установлено, что с ростом частоты тока толщина Δ токопроводящего слоя уменьшается (рисунок 3) [3].

Построена математическая модель, которая описывает 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.

Заключение. Результаты работы могут быть использованы при магнитно-импульсной упрочняющей обработке стальных изделий сложного профиля (свёрл, метчиков, концевых фрез и т. п.), так как позволяет более точно определять распределение температуры по сложной поверхности и, соответственно, прогнозировать физико-механические свойства режущих элементов концевых инструментов и назначать оптимальные режимы магнитно-импульсной обработки.

Список цитируемых источников

1. 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.
2. Алифанов, А. В. Физика процесса магнитно-импульсного упрочнения стальных изделий, расчет индукторов и параметров процесса / А. В. Алифанов, Д. А. Ционенко, А. М. Милокова // *Перспективные материалы и технологии : монография* : в 2 т. — Витебск, 2017. — Т. 2, гл. 2. — С. 31—53.
3. Анализ существующих инженерных математических моделей учета поверхностного эффекта в токопроводящих жилах силовых кабелей / А. А. Алферов [и др.] // *Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого*. — 2015. — № 2. — С. 62—69.

УДК 621.791:621.8

А. В. Алифанов, профессор, доктор технических наук, А. И. Сечих
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ ДНИЩА ТОРОИДАЛЬНОГО БАЛЛОНА МОДЕЛИ ГЛИУ 441

Введение. Машиностроение является одной из важнейших отраслей в народном хозяйстве. Однако его развитие зависит от уровня станкостроения. Новые станки различного технологического назначения, прогрессивные конструкции режущего инструмента обеспечивают автоматический процесс обработки, сокращение времени для наладки оборудования, возможность многостаночного обслуживания, повышение качества продукции, производительность труда и культуры производства [1; 2].

Открытое акционерное общество «Новогрудский завод газовой аппаратуры» (ОАО «НЗГА») ориентировано в основном на выпуск бытовых газовых баллонов (доля баллонного производства занимает 40 %). Данная продукция пользуется спросом на рынках не только СНГ, но и дальнего зарубежья. Баллоны сертифицированы по европейским стандартам. В настоящее время предприятие выполняет программу по модернизации и переоснащению производства. Одним из приоритетных направлений развития данного предприятия является выпуск бытовых и автомобильных газовых баллонов.

ОАО «НЗГА» приобрело и внедрило в производство итальянскую роботизированную линию «SAID», разработанную специально по заказу завода и являющуюся узкоспециализированной. Линия предназначена для сварки тороидальных баллонов из готовых деталей, которые подаются на конвейер оператором.

Ввиду невозможности внедрить существующий процесс сварки днища центрального тороидального баллона в установленную роботизированную линию возникла необходимость в разработке специального стенда сварки днища центрального тороидального баллона модели ГЛИУ 441 и размещения его на свободной площади вблизи роботизированной линии. Целью данной работы являлась разработка стенда сварки центрального днища тороидального баллона ГЛИУ 441.

Основная часть. Тороидальный баллон состоит из трех основных частей: днище нижнее, днище верхнее и обечайка. Изначально баллон выпускался с полостью по центру на роботизированной линии. Для увеличения объема и заполнения полезной площади было решено доработать тороидальные баллоны ГЛИУ путем заварки центрального отверстия. Была разработана деталь «Днище центральное», предназначенная для заварки центрального отверстия.

В настоящее время на предприятии операцию сварки выполняет рабочий сварщик в ручном режиме. Сваривать центральное днище и тороидальный баллон вручную рабочим не эффективно, а попытки внедрить новую операцию в роботизированную линию не дали результата.

Для оптимизации производства было решено разработать стенд для сварки центрального днища. Предполагается, что стенд будет вращать специальный стол с установленным баллоном, производить подачу сварочного пистолета в автоматическом режиме, а также в автоматическом режиме выполнять сварку. Участие рабочего предусматривается в установке баллона на стол, укладке центрального днища и перевороте на другую сторону. Днище центральное будет привариваться с двух сторон в центр баллона. В тороидальный баллон будут ввариваться два центральных днища с двух сторон.

При разработке стенда учитывали следующее: необходимо предусмотреть самоцентрировку баллона на столе; подачу сварочного пистолета осуществить автоматически; привод вращения стола осуществлять от червячного редуктора; устройство должно быть оснащено регулировкой скорости вращения стола; осуществить скользящий электрический контакт в процессе сварки к вращающемуся поворотному столу; устройство должно быть оснащено защитным барьером, при воздействии на который конечностями либо туловищем оператора вращающийся стол мгновенно остановится, а сварочный пистолет поднимется от места сварки; количество обрабатываемых деталей в 8-часовую смену — 200 шт.

Общий вид стенда для сварки центрального днища представлен на рисунке 1.

Рама 1 стенда представляет собой сварную металлическую конструкцию, состоящую из уголков различного профиля и пластин-площадок. На раме расположен электродвигатель 2, передающий вращение и крутящий момент через ременную передачу червячному редуктору 3. С червячного редуктора вращение передается на цилиндрический диск 4, с помощью которого вращение передается на стол 6.

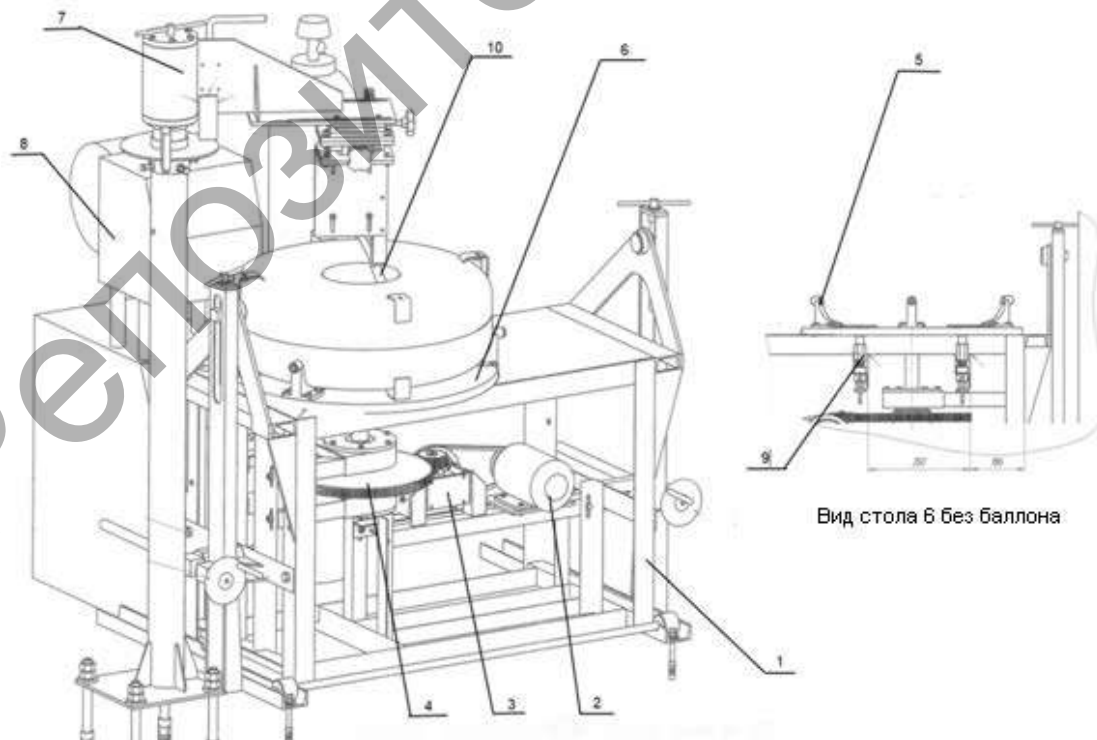


Рисунок 1 — Общий вид стенда для сварки центрального днища

Регулирование оборотов вращения достигается включением в электросхему частотным преобразователем. На столе расположены три кулачка 5 для самоцентрировки под своим весом баллона тороидального. На раме под столом 6 расположены токосъёмы 9, касающиеся боковины вращающегося стола.

Сбоку от стола 6 расположена поворотная стойка 7 для подвода сварочного пистолета 10 к сварочному месту. Стойка с пистолетом подводится вручную. На стойке расположен пневмоцилиндр с креплением для сварочного пистолета 10. Для приведения в рабочее состояние пневмоцилиндр опускает сварочный пистолет к месту сварки, а конструкция крепления пистолета позволяет в конце хода цилиндра нажать клавишу сварочного пистолета для начала сварочного процесса.

На стенде также расположены электрический щиток, пневмосхема и пульт управления 8. Рядом со стендом расположен сварочный аппарат, связанный электрокабелем со сварочным пистолетом.

Ниже приведена последовательность действий оператора на стенде.

Перед началом работы проверяются все узлы и агрегаты. Далее оператор укладывает тороидальный баллон на стол между кулачками и делает небольшое вращающее движение для самоцентрировки баллона. Укладывает в центр баллона днище центральное, поворачивает стойку 7 до упора и нажимает кнопку «Старт».

После нажатия кнопки «Старт» включается электродвигатель, приводя в движение червячный редуктор и цилиндрическую передачу, с помощью которой передается вращение столу 6. В это время к вращающемуся тороидальному баллону посредством воздействия пневмоцилиндра опускается сварочный пистолет. Происходит автоматизированный процесс сварки центрального днища к баллону.

Далее оператор поверяет сварочный шов. При надобности корректировки шва он может изменить обороты вращения стола путем регулирования частотного преобразователя или осуществить регулировку силы тока на самом сварочном аппарате.

По окончании процесса сварки днища центрального оператор нажимает кнопку «Стоп», тем самым останавливая вращение стола, и отводит пистолет от баллона вверх, затем поворачивает стойку 7 и переворачивает баллон. Далее процесс повторяется в таком же порядке.

Для осуществления автоматизированного процесса сварки с помощью стенда был разработан комплект конструкторской документации, необходимый для изготовления стенда сварки днища центрального. Произведены необходимые расчеты: расчет тягового усилия, момента кручения, усилия на валах, расчет мощности привода, расчет подшипников качения, расчет зубчатой передачи.

Экономические расчеты показали целесообразность внедрения предлагаемого технического решения на предприятии ОАО «НЗГА».

Заключение. Внедрение предлагаемой конструкции позволит автоматизировать процесс сварки центрального днища тороидального баллона, уменьшить вероятность получения травм на производстве, увеличить объём тороидального баллона, а также повысить производительность со 120 до 720 шт. в час.

Список цитируемых источников

1. Алифанов, А. В. Технологии изготовления и упрочнения высоконагруженных деталей машиностроения / А. В. Алифанов, А. М. Милокова, В. А. Томило. — Минск : Беларусь, наука, 2014. — 321 с.
2. Алифанов, А. В. Проблемы станкостроения : курс лекций для студентов инженер. специальностей / А. В. Алифанов, Ю. К. Калугин. — Барановичи : РИО БарГУ, 2010. — 231 с.

УДК 621.867.1

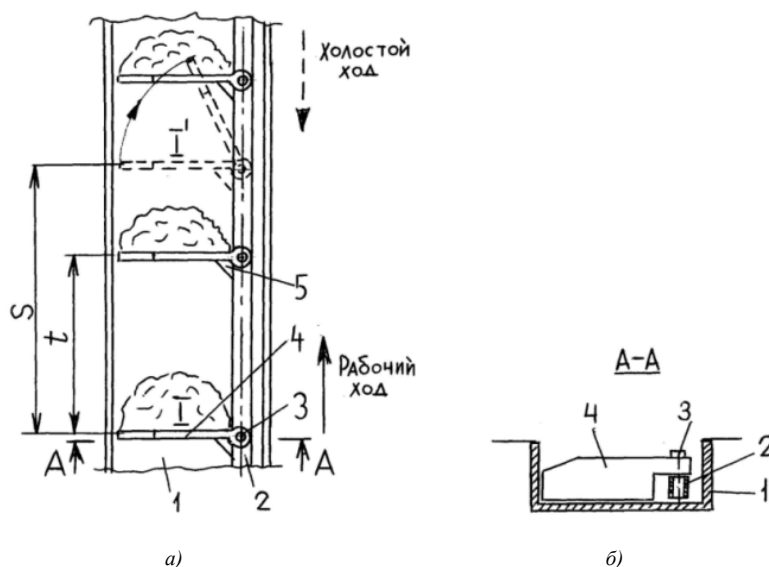
В. Ф. Барышников, кандидат технических наук, доцент, **А. С. Панов**
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАНГОВОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАГОТОВОК НА УЧАСТКЕ ЦЕХА

Введение. Для перемещения заготовок в цехах и металлообрабатывающих предприятиях нашли применение транспортёры непрерывного действия, такие как ленточные, цепочно-планчатые, цепочно-скребковые и др. Однако не все из перечисленных конструкций могут быть использованы для перемещения заготовок на участках цехов. Для этих целей выгоднее применять конвейеры возвратно-поступательного действия — штанговые транспортёры с вертикальной осью крепления скребков, имеющих меньшую массу и энергоёмкость [1].

Целью работы являлась разработка устройства для принудительного перевода скребков из рабочего положения в холостое и наоборот.

Основная часть. На рисунке 1 представлена схема транспортёра.



a — вид сверху; *б* — поперечный разрез

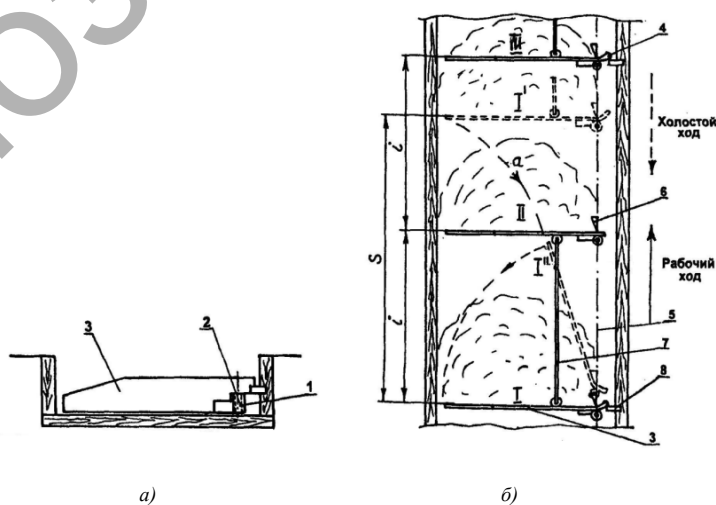
Рисунок 1 — Фрагмент штангового скребкового конвейера с вертикальной осью крепления скребков

Конвейер может быть смонтирован одновременно в двух желобах или в одном. На рисунке 1 приведён фрагмент такого конвейера, установленного в одном желобе. Привод конвейера условно не показан. По конструкции он может быть нескольких видов: с реверсивным электродвигателем, шатунно-цепочным, шатунно-кулисным, с коноидальным барабаном, винтовым, реечным, дисково-рычажным и с гидropневмоприводом.

При рабочем ходе скребок 4 занимает перпендикулярное положение к штанге 2 за счёт упора 5, закреплённого на штанге. При холостом ходе штанги скребок за счёт трения его о дно желоба постепенно разворачивается по определённой траектории, приближаясь к штанге, образуя угол в 25° [1]. Затем вновь в начале рабочего хода скребок должен занять рабочее положение за счёт трения его о дно желоба. Это явление является существенным недостатком данной конструкции конвейера.

Для устранения вышеуказанного недостатка предлагается устройство, представленное на рисунке 2 [2].

Устройство содержит штангу 1 с установленной на ней вертикальной осью 2 для размещения скребка 3, выполненного в виде двуплечего рычага, конец второго плеча 4 которого установлен под острым углом по направлению движения ползуна-штанги 5 за счёт ограничителя 6 (при совершении холостого хода). В свою очередь несколько скребков соединены между собой тягой 7 для одновременного принятия рабочего положения при крайнем положении холостого хода. На боковой стенке желоба установлен упор 8, взаимодействующий со свободным концом скребка 3.



a — поперечный разрез транспортёра; *б* — вид сверху

Рисунок 2 — Фрагмент штангового конвейера с механизмом для принудительной установки скребка из холостого положения в рабочее

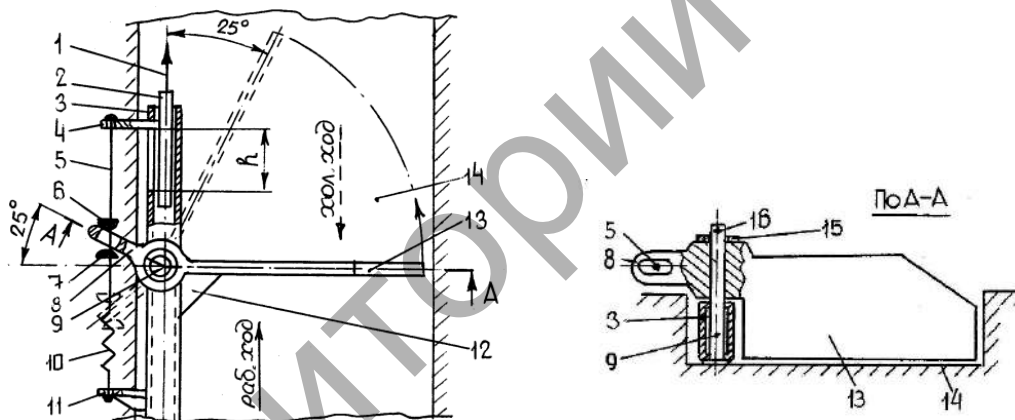
Устройство работает следующим образом. После завершения рабочего хода штанга 1, достигнув крайнего положения, совершает холостой ход. Скребок 3, достигнув упора 8, своим плечом 4 упирается в него и разворачивается вокруг вертикальной оси 2, занимая рабочее положение. В свою очередь разворачиваются и занимают рабочее положение и оставшиеся скребки за счёт того, что они тягой 7 соединены между собой.

Подобное выполнение устройства позволит значительно уменьшить холостой ход штанги для полного освобождения скребка и возврата штанги в рабочее положение. Таким образом, повышается стабильность технологического процесса работы конвейера. Недостатком данной конструкции является его сложность.

На рисунке 3 предложена более технологичная и простая по конструкции схема механизма для перевода рабочих органов из холостого положения в рабочее и наоборот.

Механизм для перевода рабочих органов из холостого положения в рабочее и наоборот устроен следующим образом. В лотке 14 установлена штанга 3 коробчатой формы прямоугольного сечения, работающая на растяжение. На штанге с определённым шагом на осях 9 смонтированы скребки 13, имеющие плечо 8, повернутое в сторону рабочего хода на 25° . В передний торец штанги 3 вставлен ползун 2, к которому крепится кронштейн 4. Кронштейн вместе с ползуном имеет возможность перемещаться внутри штанги по щели на величину h . Она соответствует углу поворота скребка 13 на угол 75° . К кронштейнам ползуна 4 и пружины 11 крепится тяга 5 с пружиной растяжения 10. На тяге 5 установлены упоры передний 6 и задний 7 для плеча 8 скребка 13.

Принцип работы механизма следующий. В начале рабочего хода тяговый орган 1 (пруток или трос) сдвигает ползун 2 на величину h . За счёт этого пружина 10 растягивается, а упоры 6 и 7, установленные на тяге 5, воздействуя на плечо 8, переводят скребок 13 из холостого положения в рабочее. Скребок 13 за счёт упора 12 становится перпендикулярно штанге и совершает рабочий ход, перемещая тело волочения на величину хода S , который больше шага t на некоторую величину. Затем происходит реверсирование движения и начинается холостой ход. Ползун 2 перемещается в штанге 5 на величину h , а пружина растяжения 10, соединенная с тягой 5, сжимаясь за счёт упоров 6 и 7, воздействуя на плечо 8, переводит скребок 13 из рабочего положения в холостое. Скребок поворачивается на угол 75° , проходит ход мимо продвинутого тела волочения. Затем цикл повторяется.



1 — тяговый орган; 2 — ползун; 3 — штанга; 4 — кронштейн ползуна; 5 — тяга; 6 — упор передний; 7 — упор задний; 8 — плечо скребка; 9 — ось скребка; 10 — пружина растяжения; 11 — кронштейн пружины; 12 — упор скребка; 13 — скребок; 14 — лоток; 15 — шайба; 16 — шплинт

Рисунок 3 — Фрагмент штангового конвейера с предложенной схемой механизма для перевода скребка из холостого положения в рабочее

Заключение. Предложенная конструкция механизма для принудительного перевода рабочих органов транспортера из холостого положения в рабочее и наоборот является более технологичной и простой по конструкции. За счет данного механизма можно значительно повысить надёжность и долговечность данного конвейера.

Список цитируемых источников

1. 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.
2. Устройство для уборки навоза : пат. 7843 Респ. Казахстан : МПК А01К1/01 (1998) / В. Ф. Барышников, А. А. Приходько ; дата публ.: 16.08.1999.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПЕРЕЗАТАЧИВАНИЯ НОЖЕЙ ДЛЯ РЕЗКИ СВЕКЛЫ

Введение. Самым распространённым сырьем для производства сахара является сахарная свекла. Она проходит ряд операций перед получением готовой продукции. Для нарезания свеклы применяют специальные свеклорезные ножи. В настоящее время наибольшее распространение получили безреберные свеклорезные ножи (рисунок 1), изготавливаемые из инструментальной стали У7 и У7А. Острота режущих кромок, характеризуемая радиусом округления, влияет на качество стружки. С увеличением радиуса округления режущих кромок возрастают отрицательные значения переднего и заднего углов зубьев, усилие резания, особенно радиальная его составляющая, и ухудшается качество стружки [2].

В современном производстве для перезатачивания свеклорезных ножей обычно используются отдельные полуавтоматические станки или полуавтоматические линии, но наиболее эффективной считается использование автоматических линий, которые позволяют значительно улучшить качество заточки и повысить производительность труда. Целью данной работы являлась разработка и описание принципа работы автоматической линии, предназначенной для перезатачивания свеклорезных ножей.

Основная часть. Автоматическая линия перезатачивания свеклорезных ножей предназначена для восстановления (презатачивания) бывших в употреблении ножей, используемых при переработке сахарной свеклы на сахарных заводах. Предусматривается восстановление безреберных ножей с углом профиля при вершине 75° и имеющих количество зубьев 23, 25 и 27 с габаритными размерами 87×200 мм. Линия предназначена для эксплуатации во вспомогательных цехах (отделениях) сахарных заводов.

Технологический процесс восстановления ножей предусматривает шесть позиций (рисунок 2). На первой позиции производится загрузка ножей из бункера. Подача осуществляется механизмом загрузки по одному ножу в цикле линии. Ориентирование производится по передней ребристой поверхности ножа. На второй позиции установлено рихтовочное приспособление: ножи своей ребристой частью проходят через ряд рихтовочных роликов, восстанавливая прямолинейность (стрелу прогиба). На третьей позиции производится торцовка ножей по переднему торцу зубьев. Шлифовальным кругом снимается припуск с предыдущей заточки, снова выравнивается кромка зубьев. Четвертая позиция обеспечивает утоньшение режущих кромок ножей шлифовальными кубанитовыми кругами [1] с углом профиля 75° при вершине (рисунок 3). На пятой позиции линии происходит окончательная заточка режущих кромок ножей шлифовальными кубанитовыми кругами с углом профиля при вершине 90° . Выгрузка заточенных ножей в лоток производится механизмом выгрузки на шестой позиции.

Ниже представлены конструктивные особенности линии:

- линия имеет возможность переналадки по шагу на любой вышеуказанный типоразмер свеклорезного ножа;
- для переналадки рихтовочного приспособления предусмотрены сменные блоки роликов;
- предусмотрена работа линий в автоматическом, полуавтоматическом и наладочном режимах;
- режим работы, типоразмер обрабатываемых ножей задаются с центрального пульта управления;
- обработка ножей шлифовальными кругами осуществляется с применением смазочно-охлаждающих технологических сред, которые подаются насосом в зоны резания (для очистки этих средна баке установлен магнитный сепаратор);

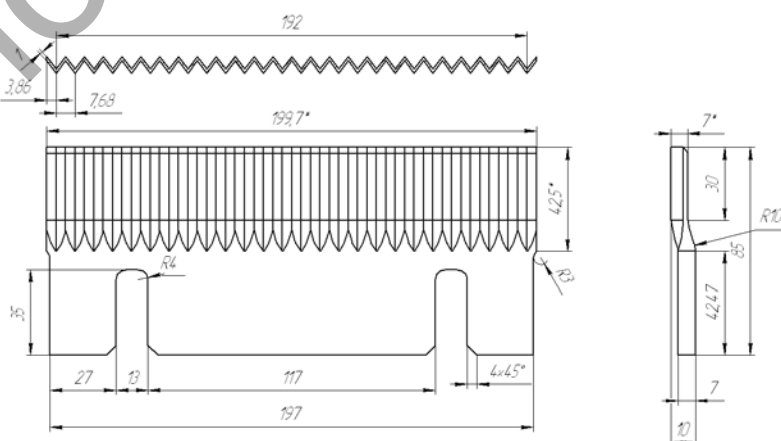


Рисунок 1 — Эскиз свеклорезного ножа

- привода кареток перемещения ножей на позициях электромеханические от электродвигателей (на позициях обработки зубьев по шагу привод кареток от серводвигателей фирмы “OMRON”);
- устройство транспортное перемещает ножи между позициями линии и имеет три места для ножей; привод перемещения пневматический;
- конструкция узлов и механизмов линии обеспечивает удобство монтажа, беспрепятственный доступ к местам регулирования, технического обслуживания и ремонта при минимальных затратах (времени, средств и т. д.) на выполнение работ [1].

Использование данной линии в производстве, прежде всего, целесообразно с точки зрения производительности, в чем можно убедиться на примере испытания отдельных узлов на ОАО «Городейский сахарный комбинат». При коэффициенте технического использования $K_{тн} = 1$ линия перезатачивает около 640 ножей за смену, а отдельная группа из шести станков, которая использовалась до этого, перезатачивала около 240 ножей. При внедрении автоматической линии производительность процесса выросла в 2,6 раза.

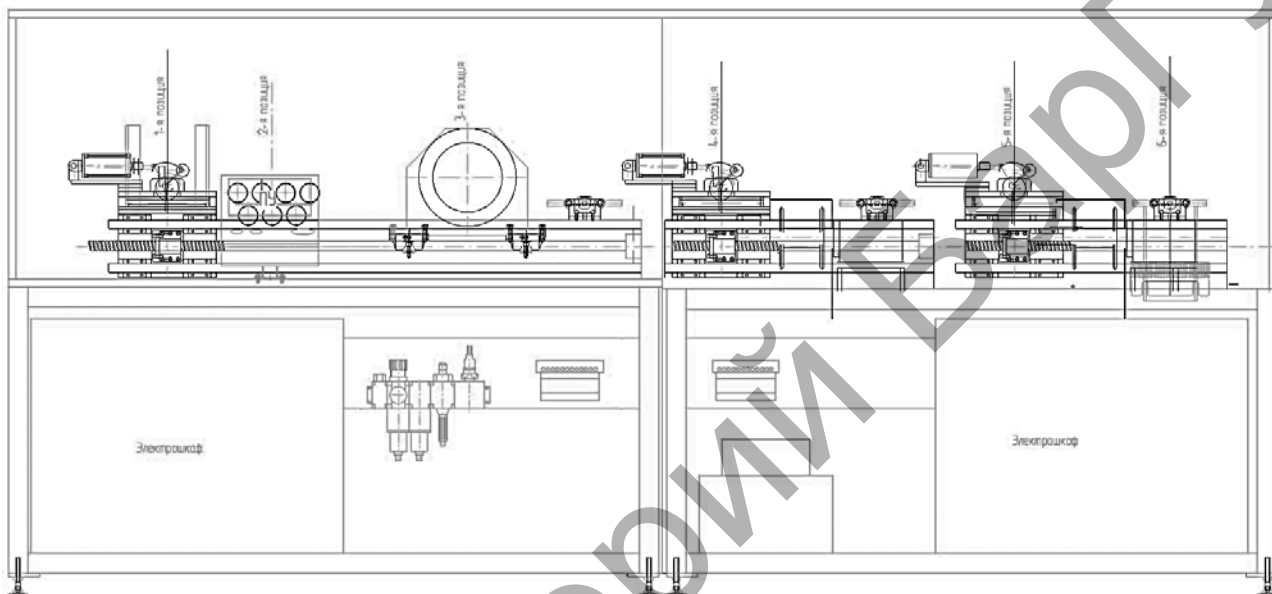


Рисунок 2 — Общий вид линии

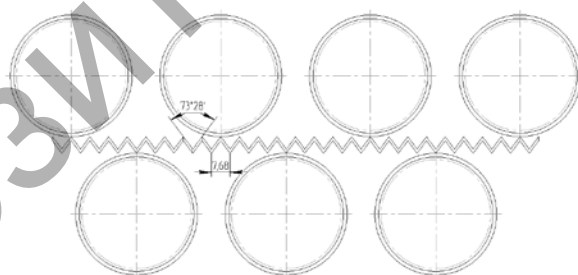


Рисунок 3 — Обработка кубанитовыми кругами

Заключение. Предложена возможность замены группы станков для перезаточки свеклорезных ножей на автоматическую линию. Данная линия может быть внедрена на любой завод по производству сахара. Главным преимуществом автоматической линии перезаточки свеклорезных ножей является увеличение производительности по сравнению с использованием отдельных станков или её полуавтоматическим вариантом.

Список цитируемых источников

1. Филиппов, Г. В. Режущий инструмент : учеб. для вузов / Г. В. Филиппов, Ю. М. Берлинер. — М. : Машиностроение, 2010. — 528 с.
2. Аверченков, В. И. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / В. И. Аверченков, И. А. Каштальян, А. П. Пархутик. — Минск : Выш. шк., 1993. — 288 с.

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Введение. Надёжность — это свойство выбранного объекта на протяжении определенного времени и в ограниченных пределах сохранять исходные параметры, заложенные для выполнения необходимых действий в соответствующих режимах и условиях применения, технического обеспечения, хранения и транспортирования. В свою очередь, ленточный конвейер, как любой объект, обладает некой надёжностью. Так как ленточный конвейер представляет собой сложную техническую систему из механических и электромеханических устройств, узлов и деталей, то и общая надёжность конвейера напрямую зависит от надёжности каждого отдельного элемента.

Основная часть. При стандартных условиях разработки конвейера его структурную схему можно представить в виде последовательного соединения его основных элементов привода (ПР), ленты (Л), става (СТ), устройства для загрузки транспортируемого материала (ЗУ), устройства для обеспечения необходимого натяжения ленты (НУ) и систем автоматизации (АВ) (рисунок 1).

Основной особенностью данной схемы является то, что при отказе любого элемента системы в большинстве случаев, это соответствует отказу всей системы. При этом вероятность безотказной работы равна произведению вероятностей безотказной работы элементов. В свою очередь, при описании надёжности отдельного элемента ленточного конвейера используем структурную модель для отдельного элемента (рисунок 2).

Отдельно взятый элемент ленточного конвейера будем рассматривать как динамический блок. На входе данного блока мы имеем входные надёжностные процессы (НПВ) $X_{ij}(t)$ с i ($i = 1, \dots, n$) видами входного воздействия; j — номер элемента конвейера. Надёжностное состояние блока характеризуется параметром a_j , который имеет свойство изменяться в зависимости от внешних и внутренних условий и воздействий, тем самым образуя во времени надёжностный процесс в блоке (НПБ) $a_j(t)$.

Надёжностное состояние элемента и надёжностное состояние его входа определяют влияние данного блока на работоспособность всего конвейера, а в некоторых случаях и на отдельные его элементы. Это влияние оказывает выходная характеристика блока $Y_j(t)$ — надёжностный процесс (НП). При этом существует некоторый надёжностный оператор (НО) G_j , формирующий значение $Y_j(t)$ в зависимости от $X_{ij}(t)$ и $a_j(t)$. Значение $Y_j(t)$ может определяться как значениями от X_{ij} и a_j в момент времени t , так и их значениями в некоторые предшествующие моменты времени, а также значениями самой величины Y_j в некоторые предшествующие моменты времени.

Поскольку надёжностные процессы зачастую показывают изменения работоспособности элементов, считаем, что надёжностное состояние любых рассматриваемых объектов может принимать только значения «работоспособен» или «неработоспособен». Это позволит в дальнейшем величины X_{ij} , a_j и Y_j представить как булевы переменные, принимающие значение 0 или 1 [1]. Операторы G_j являются двоичными операторами, а процессы $X_{ij}(t)$, $a_j(t)$ и $Y_j(t)$ — переключаемыми процессами, представляющими собой последовательность прямоугольных импульсов единичной высоты, перемежающихся паузами-интервалами нулевых значений процесса.

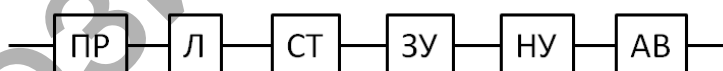


Рисунок 1 — Структурная схема надёжности ленточного конвейера при последовательном соединении его элементов

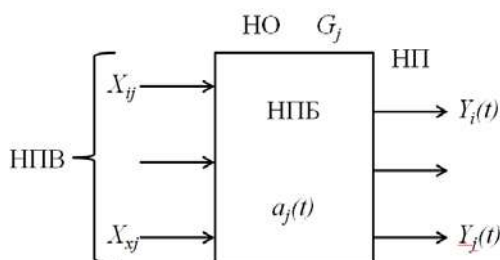


Рисунок 2 — Структурная модель надёжности j -го элемента ленточного конвейера

Характер процессов переключения $X_{ij}(t)$, $a_j(t)$ и $Y_j(t)$, а также надежностного оператора $G(x, a)$ зависит от свойств конкретных элементов конвейера и режимов их эксплуатации. Временной график работы элемента, представленный в виде последовательности импульсов единичной высоты, является одним из входных процессов в надежностной модели данного элемента. Однако это имеет место, если расходование ресурса рассматриваемого элемента определяется не календарным временем его эксплуатации, а чистым временем его работы или смежного оборудования. Если условно считать замену невосстанавливаемого элемента ленточного конвейера разновидностью восстановительной операции, то применительно ко многим элементам деление на восстанавливаемые и невосстанавливаемые не имеет практического значения. Но наличие или отсутствие резервных элементов влияет на выходной процесс $Y(t)$ и порядок восстановления: предупредительное или аварийное, планируемое или нет, который не может не повлиять на процесс в блоке элемента $a_j(t)$. Планово-предупредительные обслуживающие воздействия являются одним из входных процессов в надежностной схеме элемента.

Существенным эксплуатационным свойством, присутствующим в определенной степени большинству элементов ленточных конвейеров, является наличие резерва времени между отказом элемента и отказом конвейера из-за отказа этого элемента. В этом случае отказ элемента в течение определенного периода времени является неисправностью конвейера в целом, но не его отказом. Резерв времени может быть ограничен фиксированным значением либо может позволять отложить устранение отказа элемента до ближайшего простоя конвейера по организационным причинам или до ближайшей ремонтной смены, либо даже до ближайшего планового технического обслуживания или ремонта данного элемента конвейера [2].

Заключение. Используя структурную модель надежности отдельно выбранного элемента ленточного конвейера, мы имеем возможность отслеживать процессы, происходящие во время работы, анализировать их воздействие на другие элементы и, соответственно, конвейер в целом. При этом есть смысл при усовершенствовании конструкций элементов ленточного конвейера стремиться к максимально возможному обеспечению резерва времени при отказе отдельного элемента, чтобы тем самым с минимальными затратами повысить надежность всей системы в целом.

Список цитируемых источников

1. Галкин, В. И. Методы расчета и оценки показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий : дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Галкин. — М., 2000. — 454 л.
2. Захаров, Ю. Н. Ленточные конвейеры горной промышленности: исследования и проектирование : монография / Ю. Н. Захаров. — Гродно : ГГАУ, 2013. — 417 с.

УДК 621.316.728

В. П. Василевич, кандидат технических наук, профессор, **Е. К. Дятлов**, **В. З. Нгуен**

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНО-ЕМКОСТНОГО НАКОПЛЕНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Введение. Использование как фотоэнергетики, так и альтернативной энергетики является одним из инновационных направлений энергетики. Планируется, что к 2040 году солнечные и ветряные генераторы будут составлять около 40 % всех электростанций мира [1]. На сегодня стоит вопрос о разработке как мобильных решений (управление дроном), так и масштабных солнечных электростанций.

Фотоэлектрическая система состоит из нескольких устройств: солнечная панель, регулятор отбора мощности, аккумулятор и инвертор. Каждое из этих устройств представляет отдельную систему передачи и преобразования электроэнергии, которые соединены между собой. В данной работе описывается аккумулятор, основанный на литий-ионной батарее и суперконденсаторе (ионисторе), а также на алгоритме аккумуляторно-емкостного накопления.

Основная часть. В области фотоэлектрических систем одним из основных вопросов является способ аккумуляции энергии. Одним из популярных методов аккумуляции является использование литий-ионных и литий-полевых аккумуляторов.

Современные литий-ионные аккумуляторы имеют при себе высокие удельные характеристики: 100—180 Втч / кг и 250—400 Втч / л [2]. Их номинальное напряжение — 3,7 вольта, а максимальное — 4,2 вольта. Производители данных аккумуляторов могут выпускать решения до сотен ампер-часов, а их рабочие температуры находятся в интервале от -40 °С, до $+60$ °С. Саморазряд данных батарей составляет 4—6 % за первый месяц, затем намного меньше: за год использования аккумуляторы теряют 10—20 % запасенной емкости, а их ресурс составляет приблизительно 1 000 циклов.

Однако существуют и минусы у данных устройств. Во-первых, присутствует необходимость защиты по току и напряжению. В частности, необходимо исключить возможность короткого замыкания выводов аккумулятора, подачи напряжения обратной полярности, перезаряда [3]. Во-вторых, литий-ионные аккумуляторы имеют свойство нагреваться в зависимости от тока заряда/разряда. При слишком высоком токе эти устройства могут перегреться, вспыхнуть и взорваться, что является опасностью для конечного потребителя. Поэтому существует вопрос об использовании данных аккумуляторов при высоких токах, например, при начальном запуске двигателя.

Для решения данной проблемы планируется использовать суперконденсаторы. Суперконденсатор (ионистор) представляет собой две обкладки из активированного угля, залитые электролитом. Между ними расположена мембрана, которая пропускает электролит, но препятствует физическому перемещению частиц активированного угля между обкладками. В качестве высокодисперсного материала в суперконденсаторах безальтернативно используется активированный уголь с размерами частиц 1—50 мкм, размерами активных пор 0,7—16 нм и удельной поверхностью до 2 500 м²/г. Кроме этих уникальных свойств, которые позволяют накапливать большое количество энергии в суперконденсаторах, активированный уголь еще и очень дешев, что практически лишает его всяких конкурентов.

Современные суперконденсаторы должны обладать высоким ресурсом: порядка 700 000 циклов заряда/разряда, что соответствует от 5 до 20 лет работы в зависимости от степени нагрузки; малой себестоимостью при расчете на один цикл использования как энергии; возможностью работать в критических условиях (высокая амплитуда токов, перепады напряжения, экстремальные температурные условия); экологичностью. Максимальная емкость отдельного суперконденсатора, достигнутая на момент написания статьи, составляет 10 000 Ф. У массово выпускаемых суперконденсаторов она не превышает 3 000 Ф. Максимально допустимое напряжение между обкладками не превышает 10 В. Для серийно выпускаемых суперконденсаторов этот показатель, как правило, находится в пределах 2,3—5,5 В. Суперконденсаторы способны выдержать сотни тысяч циклов заряда/разряда, превосходя по этому параметру аккумуляторы примерно в 100 раз [4].

Но и у данных устройств также есть недостатки. В первую очередь суперконденсаторы имеют высокий ток утечки, следовательно, и больший саморазряд [5]. Во-вторых, их стоимость намного выше стоимости аккумуляторных батарей, а величина запасаемой энергии заметно ниже, чем у аккумуляторов [4]. Поэтому невозможно сказать, что мы можем использовать суперконденсаторы как альтернативу аккумуляторным батареям.

Авторами данной работы предлагается использовать аккумуляторно-емкостную систему накопления заряда, состоящую из литий-ионной (или литий-полимерной) аккумуляторной батареи, а также суперконденсатора.

На рисунке 1 представлена структурная схема модуля аккумуляторно-емкостного накопления энергии.

В качестве контроллеров токов было решено использовать цифровой токовый монитор INA260 производства “Texas Instruments”. Максимальный ток данного изделия — до 15 ампер, интервал напряжения — от 0 до 36 вольт. Также данное устройство можно запрограммировать на перевод напряжения на другую шину в зависимости от условий тока.

В качестве основного контроллера решено использовать микроконтроллер STM32F072RBT6, так как он прост в программировании, дешев и популярен на рынке.

Алгоритм работы следующий:

1) питание поступает на контроллер тока заряда. Напряжение до 5 вольт и сила тока до 1 ампера поступает на контроллер АКБ, а также на суперконденсатор. Контроллер тока присылает микроконтроллеру характеристики тока в реальном времени. Если характеристики тока превышают 5 вольт или 1 ампер, то микроконтроллер переключает контроллер тока заряда. Затем контроллер тока перестает подавать основной ток на контроллер заряда, а передает его на DC/DC-преобразователь, который уже затем передает ток 5 вольт 1 ампер на аккумуляторную батарею. В обоих режимах контроллер тока заряда передает энергию на суперконденсатор;

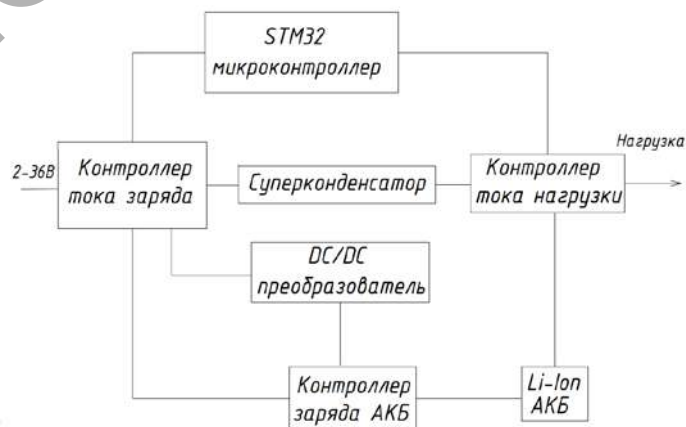


Рисунок 1 — Структурная схема модуля аккумуляторно-емкостного накопления энергии

2) в первом режиме нагрузки питание потребителю идет через контроллер тока нагрузки с использованием литий-ионной батареи. Опять же, микроконтроллер фиксирует характеристики тока нагрузки в реальном времени. При превышении тока в 3,7 вольта и/или 1 ампер микроконтроллер приводит контроллер тока нагрузки в режим повышенного тока, в котором питание идет от суперконденсатора. При возвращении тока к состоянию первого режима микроконтроллер переводит ток контроллера нагрузки на потребление из аккумулятора.

Из плюсов стоит выделить возможность использовать повышенные токи заряда и токи разряда, это поможет запускать изделия с высоким потреблением тока. Также данная система передает статистику в реальном времени, и в ней присутствует несколько видов контроля тока и зарядки устройств.

В качестве недостатков можно выделить стоимость данной системы, потребление контроллеров, а также недолгую работу при повышенных нагрузках.

Заключение. Использование аккумуляторно-емкостного накопления является актуальной темой фотоэлектроники, потому что оно позволяет запускать приборы, при включении которых требуется большие токи (например, пусковые двигатели). Для разработки спроектированы структурная и принципиальная схемы данного модуля, в дальнейшем будут проведены экспериментальные исследования при зарядке и разрядке.

Список цитируемых источников

1. Solar Power Will Kill Coal Faster Than You Think [Electronic resource]. — Access mode: <https://about.bnef.com/blog/solar-power-will-kill-coal-sooner-than-you-think/>. — Access date: 12.10.2018.
2. Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php>. — Дата доступа: 12.10.2018.
3. Никитин, А. Интегральные схемы управления зарядом аккумуляторов производства Maxim / А. Никитин // Новости электроники. — 2009. — № 15.
4. Суперконденсатор в качестве накопителя энергии фотоэлектрического преобразователя [Электронный ресурс] / В. П. Василевич [и др.]. — Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/10813>. — Дата доступа: 12.10.2018.
5. Ионистор [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://vicgain.sdot.ru/ionistor/ionist1.htm>. — Дата доступа: 12.10.2018.

УДК 622.23.05

И. С. Лайша¹, Н. В. Чичкан², кандидат технических наук, доцент, Л. Л. Сотник³

¹Закрытое акционерное общество «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», Солигорск

^{2,3}Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Введение. Физико-механические свойства материала режущего элемента породоразрушающего инструмента во многом определяют эффективность его применения. Поэтому наиболее приоритетным направлением исследований в вопросах повышения прочности и износостойкости является поиск новых материалов для режущей вставки.

На сегодня особую популярность получили твердосплавные режущие инструменты. Однако учитывая их высокую стоимость, а также хрупкость, целесообразно рассмотреть возможность замены твердосплавного режущего инструмента на режущий инструмент из быстрорежущей стали.

Основная часть. Основные операции при добыче руды или при проведении горных выработок: разрушение горной породы, ее отделение от массива и транспортирование [1].

На эффективность проведения горных работ непосредственно влияют физико-механические свойства самих горных пород, такие как плотность, пористость, теплопроводность, электропроводность и др. Из механических свойств наибольшее влияние оказывают прочность, твердость, упругость, пластичность, абразивность.

Большинство проходческих комбайнов для добычи калийной руды, обладающей низкой крепостью и малой абразивностью, оснащаются инструментом режущего типа. К нему относятся буровые коронки, а также стержневые радиальные или тангенциальные резы.

В последние годы преимущественно большинство производителей породоразрушающего инструмента перешли от изготовления цельных инструментов к выпуску серий режущих блоков, включающих в себя резец, резцедержатель, средства крепления резца в резцедержателе, средства установки и извлечения резцов из резцедержателя и оросители. Разновидностей средств крепления довольно много. Наиболее распространенными являются наружное крепление пружинным кольцом, внутренние длинные разрезные втулки, внутренние или наружные разрезные элементы, вставляемые в канавки на хвостовике, внутренние пружинящие проволочные крепления и т. д. Для снижения температуры в зоне контакта резца с горной породой режущие блоки оснащаются оросителями [2].

У резцедержателей режущих блоков размеры гнезда под посадку резца и его длина стандартизированы. Все остальные геометрические параметры являются предметом конструирования. По исполнению резцедержатели под-

разделяются на два основных вида: врезные и располагаемые на поверхности исполнительного органа. В настоящее время самыми распространенными материалами для изготовления резцедержателей являются легированные стали.

Главным элементом режущего блока, определяющего его работоспособность и эффективность, является непосредственно резец, который, в свою очередь, состоит из державки и армирующей режущей вставки. Пример конструкции такого резца изображен на рисунке 1.

Державки резцов изготавливают из легированной стали марок 40Х и 40ХН, которую подвергают закалке.

Формы режущих вставок весьма разнообразны. Образующие их поверхности могут представлять собой как отдельные кривые, так и сочетания параллельных и наклонных к оси резца прямых, выпуклых и вогнутых кривых.

Конструкция хвостовика державки выбирается в зависимости от вида резцедержателя, установленного на исполнительном органе проходческого комбайна. Из-за различий в номинальных размерах и допусках взаимозамена резцов различных форм не представляется возможной [2].

Многие современные режущие инструменты для разрушения горных пород оснащаются режущими вставками, выполненными из твердых сплавов ВК6, ВК8 и др. В таблице 1 приведены физико-механические характеристики твердых сплавов ВК6, ВК8, ВК10.

Как правило, именно материал режущей вставки, ее размеры (диаметр, высота, угол при вершине) и форма ее головки определяют такие качества инструмента, как режущая способность, прочность, износостойкость. На рисунке 2 представлены некоторые виды твердосплавных вставок, различающихся между собой по форме режущего наконечника.

Среди множества видов режущих вставок особую популярность получили вставки грибовидной формы. Ее основным достоинством является то, что диаметр головки больше диаметра хвостовика. Такая конструкция режущей вставки лучше защищает головку державки от контакта с разрушаемой породой и снижает интенсивность ее изнашивания, а также имеет наименьшую стоимость.

Стоимость проведения горных выработок напрямую зависит от качества применяемого режущего инструмента. Затраты, связанные с расходом режущего инструмента, могут достигать 37 % и более от общего количества затрат [3]. Усложнение условий применения породоразрушающего инструмента привело к тому, что многие производители увеличивают размеры резцов, что непосредственно ведет к повышению стоимости инструмента.

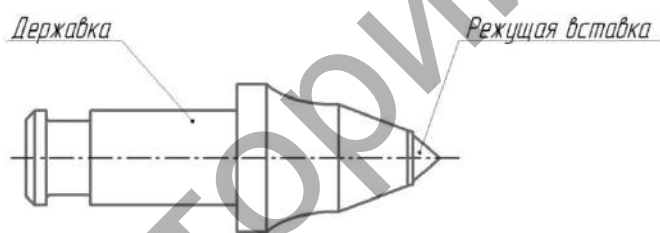
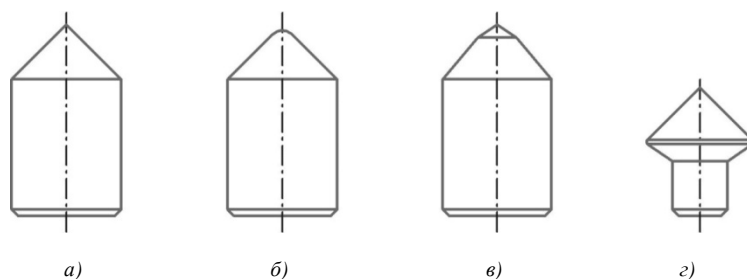


Рисунок 1 — Резец

Т а б л и ц а 1 — Физико-механические характеристики твердых сплавов

Сплав	Предел прочности при изгибе $\sigma_{\text{из}}$, МПа	Твердость HRA	Температура красной точки $T_{\text{кр}}$, °C
ВК6	1 519	88,5	1 050...1 100
ВК8	1 666	88,0	950...1 000
ВК10	1 764	87,0	950...1 000



а — коническая; б — выпуклая; в — биконическая; г — грибовидная

Рисунок 2 — Формы твердосплавных вставок

Совершенствование режущей части резцов осуществляется в основном в нескольких направлениях: изменение геометрических параметров и использование более износостойких материалов [4], а также совершенствование структуры и использование материалов, обладающих наибольшими характеристиками для противостояния ударным нагрузкам, возникающим при работе такого вида резцов [5].

Интересным направлением является применение быстрорежущих сталей по сравнению с твердыми сплавами. Быстрорежущие стали обладают высокой теплостойкостью, т. е. способностью сохранять мартенситную структуру и высокую твердость, прочность и износостойкость при повышенных температурах, возникающих в режущей кромке при резании с большой скоростью. Эти стали сохраняют мартенситную структуру при нагреве до 600...650 °С. Основными легирующими элементами быстрорежущих сталей, которые непосредственно обеспечивают их теплостойкость, являются вольфрам и его химический аналог — молибден. Сильно повышает теплостойкость (до 645...650 °С) и твердость после термической обработки (67...70 HRC) кобальт и в меньшей степени ванадий. Ванадий повышает износостойкость режущего инструмента, однако ухудшает его шлифуемость [6].

В настоящее время среди множества марок быстрорежущей стали довольно широкое применение получили стали марок P18, P9, P6M5, P9M4K8, P2AM9K5 и многие другие. Основные физико-механические свойства вольфрамосодержащих быстрорежущих сталей указаны в таблице 2.

Для придания быстрорежущей стали теплостойкости режущие инструменты подвергают закалке с последующим многократным отпуском. Температуру закалки для стали P18 принимают равной 1 270 °С, а для стали P6M5 — 1 220 °С. Высокие температуры закалки необходимы для более полного растворения вторичных карбидов и получения аустенита, высоколегированного хромом, вольфрамом, молибденом и ванадием. Благодаря этому после закалки образуется мартенсит, который обладает высокой теплостойкостью. Однако даже при очень высоком нагреве растворяется только часть карбидов. Для того чтобы при нагреве до температуры закалки не образовались трещины, режущий инструмент предварительно подогревают [6].

Т а б л и ц а 2 — Основные физико-механические свойства вольфрамосодержащих быстрорежущих сталей

Сталь	Предел прочности при изгибе $\sigma_{\text{и}}$, МПа	Твердость <i>НВ</i> , не более	Твердость <i>HRC</i> э	Температура красностойкости $T_{\text{кр}}$, °С
P18	2 600...3000	255	63...65	625
P12	3 000...3200	255	63...65	625
P9	3 350	255	63...65	620
P6M5	3 300...3 400	255	64...66	620
P6M5K5	3 300...3 400	269	65...67	630
P12Ф3	2 400...2 800	269	64...67	630
P18K5Ф2	2 900...3 000	285	64...66	640...645
P9K5	2 300...2 700	269	64...67	630
P9K10	2 050...2 100	269	64...66	630
P9M4K8	2 200...2 500	285	65...68	630
P10K5Ф5	2 500...2 700	285	66...68	640
P6M5Ф3	3 300...3 500	269	65...66	625
P12Ф3К10М3	2 800	285	66...68	640
P12Ф2К5М3	2 800...2 900	285	64-66	640

На первый взгляд износостойкость быстрорежущих сталей хотя и ниже, но такие стали обладают более высоким пределом прочности при изгибе по сравнению с твердыми сплавами. Например, предел прочности при изгибе для стали P6M5, равный 3 300...3 400 МПа, превышает предел прочности на изгиб твердого сплава ВК6, равный 1 519 МПа, в 2,1...2,2 раза.

Кроме того, стоимость быстрорежущих сталей примерно в 1,8 раза ниже стоимости твердых сплавов (стоимость быстрорежущей стали марки P6M5 ориентировочно составляет 16 000 р / т, а твердого сплава ВК6 — 29 000 р / т).

Заключение. Учитывая высокую стоимость применяемого твердосплавного режущего инструмента, его большую долю в составе общих затрат при проведении горных работ, а также его хрупкость, целесообразно провести исследование по замене его на режущий инструмент из быстрорежущей стали.

Для этого необходимо провести комплекс исследований влияния физико-механических свойств горной породы, а также режимов обработки на режущую вставку из быстрорежущей вставки и державку модернизированного резца. Такие исследования будут проведены и подробно рассмотрены в магистерской диссертации.

Список цитируемых источников

1. Старков, Л. И. Машины и оборудование для механизации горных работ в калийных рудниках : учеб. пособие / Л. И. Старков, А. Н. Земсков, А. А. Поздеев. — 2-е изд., испр. и доп. — Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. — 169 с.
2. 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.
3. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В. А. Данилов [и др.] ; под ред. В. Я. Прушака. — Минск : Тэхналогія, 2010. — 175 с.
4. Барон, Л. И. Разрушение горных пород проходческими комбайнами / Л. И. Барон, Л. Б. Глатман, Е. К. Губенков. — М. : Наука, 1968. — 216 с.
5. Жигалов, А. Н. Актуальность применения аэродинамического звукового упрочнения для повышения ресурсной стойкости твердосплавных зубков / А. Н. Жигалов, Д. Д. Богдан // Содружество наук. Барановичи-2018 : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., 15 мая 2018 г. — Барановичи : БарГУ, 2018. — С. 83.
6. Лахтин, Ю. М. Материаловедение : учеб. для высш. техн. учеб. заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1990. — 528 с.

УДК 621.926

О. И. Наливко¹, И. В. Булат², Л. А. Сиваченко³, доктор технических наук, профессор

^{1,2}Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

³Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», Могилев

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВАЛКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Введение. Многообразие существующих способов измельчения и конструкций для их реализации говорит о необходимости совершенствования 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 [1].

В существующих устройствах для измельчения наибольшее распространение получили два механизма воздействия на обрабатываемый материал: разрушение между двумя контактирующими поверхностями и удар рабочим органом по кускам исходного материала или соударении их между собой. Основная масса измельчительных машин работает по вышеуказанному принципу. Учитывая данную информацию, нами была нами разработана принципиально новая схема валкового измельчителя.

Основная часть. Предлагаемая конструкция относится к области измельчения материалов и предназначена для среднего, мелкого и тонкого помола: минеральных продуктов и различных композиций на их основе, домола цемента, алюминиевой пудры и др.

На основании теоретических исследований, а также с использованием методов моделирования была разработана конструкция валкового измельчителя, схема которого приведена на рисунке 1.

Предлагаемая конструкция является высокоэффективной, так как предполагает увеличение зоны измельчения материала и применение вибрирующей щеки со сменной рабочей поверхностью.

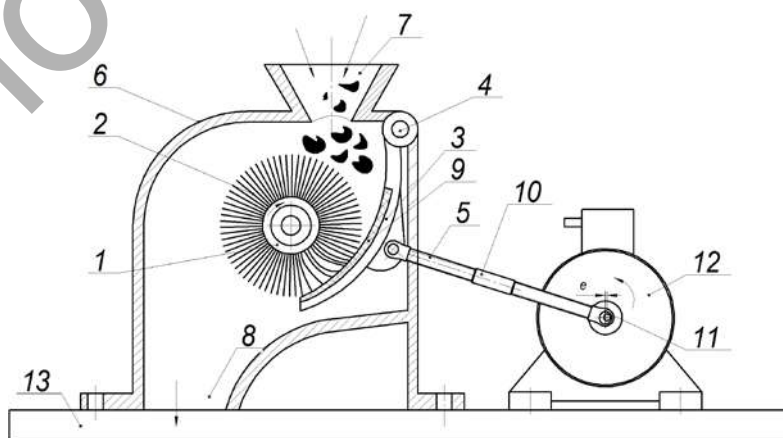


Рисунок 1 — Схема валкового измельчителя

Принцип работы разработанного валкового измельчителя следующий.

Валковый измельчитель, установленный на раме 13, включает в себя два основных рабочих звена — вращающийся ротор 1 с проволочными элементами 2 и вибрирующую щеку 3, охватывающую часть наружной поверхности ротора. Щека 3 своим верхним концом смонтирована на оси 4 и в центральной части связана с толкателем 5, который сообщает ей высокочастотные колебания с помощью эксцентрика 11, установленного на валу электродвигателя 12. Рабочее оборудование смонтировано в корпусе 6, имеющем люки 7, 8 для загрузки и выгрузки материала. Дополнительные колебания щеки 3 позволяют существенно активизировать рабочий процесс путем увеличения количества частиц, падающих непосредственно в зоны разрушения между торцами проволочных элементов 2 и рабочей частью щеки 9. Регулирование прижима щеки к вращающему ротору обеспечивается регулирующим устройством 10. Качательные движения щеки дополнительно подают исходный материал на торцы проволочных элементов, способствуя значительному улучшению процесса измельчения. Рабочую поверхность щеки 9 желательно выполнять сменной.

В дополнительных вариантах сменнознашиваемая часть щеки имеет не гладкий, а рифлёный вариант исполнения с использованием зубчатых выступов. Выполнение на внутренней поверхности щеки зубчатых выступов позволяет создать дополнительно в обрабатываемом материале режущий эффект и тем самым активизировать рабочий процесс путем повышения степени измельчения, особенно волокнистых материалов.

Применение в данном механизме валка в виде цилиндрической щётки позволяет повысить локальные контактные напряжения в разрушаемых частицах материала при попадании их в рабочее пространство. В разработанной конструкции торцы щёток контактируют с внутренней поверхностью колеблющейся щеки, тем самым реализуют требуемый механизм разрушения путем многоконтактного истирания, сдвига и среза. При этом за счет высокой линейной скорости движения измельчающих игольчатых элементов достигается высокая интенсивность процесса.

Важным фактором в пользу использования именно такого рабочего органа является то, что это освоенные промышленностью изделия, они широко применяются в различных технологиях и отличаются высокой износостойкостью, простотой эксплуатации и самоочищаемостью. Главными их потребителями являются предприятия судостроительной, машиностроительной и химической промышленности, а также организации по эксплуатации и ремонту автотракторной техники.

Выбор в качестве измельчающих элементов щеток заданной формы обусловлен их уникальными свойствами: высокой прочностью; адаптивной способностью, позволяющей избирательно деформироваться под воздействием внешней нагрузки; очень малой торцевой поверхностью, что обеспечивает создание очень больших контактных напряжений; объединение их в наборы создаёт повышенное число зон воздействия на обрабатываемый материал и, следовательно, решает задачу интенсификации процесса измельчения. При этом игольчатые элементы путем их соответствующей установки на роторе, в том числе за счет отгиба в направлении, противоположном их вращению, и тем более с высокой линейной скоростью, например, 20...40 м/с, реализуют заданный механизм разрушения с преобладанием сдвига и истирания [2].

Конструктивные решения, связанные с применением щеток, направлены на обеспечение необходимой надежности рабочих органов и формирования на их основе различных типоразмерных вариантов измельчителей. При этом установка рабочих органов осуществляется таким образом, что торцы игольчатых элементов образуют зазор или контактируют с внутренней поверхностью рабочей поверхности, что определяет характер протекания процесса измельчения и, следовательно, возможность эффективной переработки того или иного материала. В определенной степени эти конструкции следует модернизировать под условия измельчаемого ими материала.

Применение вибрирующей щеки увеличивает число активных зон разрушения материала и позволяет добиться более высокой степени измельчения. Принцип использования в данной конструкции вибрирующей щеки схож с уже ранее известным способом измельчения, который применяется в щековых дробилках, где рабочие поверхности дробилки (щеки) образуют камеру в форме клина. В верхнюю ее часть поступает исходный материал, который в процессе измельчения под действием сил тяжести переходит вниз к выходному отверстию. В конструкции валкового измельчителя щека имеет изогнутую форму. Такое конструктивное решение позволяет значительно увеличить зону контакта измельчаемого материала с поверхностью истирания.

Еще одним преимуществом данной конструкции является возможность измельчения неоднородных по составу материалов или материалов с инородными включениями без предварительной сортировки. Данный способ измельчения возможен благодаря способности рабочего органа в виде цилиндрической металлической щётки изменять свою форму, тем самым пропускать неизмельченные включения, не допуская заклинивания механизма, что повышает долговечность данной конструкции.

Заключение. По сравнению с известными измельчителями аналогичного назначения наличие в конструкции стержневых рабочих элементов, собранных в валковые щётки, позволяет улучшить процесс разрушения материала, а наличие изогнутой зоны щеки способствует увеличению зоны разрушения. За счет таких условий можно обеспечить тонкий и сверхтонкий помол материала, что делает возможным применение данного аппарата для целого ряда технологий, в том числе помола минеральных продуктов и различных композиций на их основе, домолы цемента, алюминиевой пудры.

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.
2. Иголфрезерный измельчитель : пат. 31143 Респ. Казахстан / Л. А. Сиваченко, С. Ж. Барирова, Т. Л. Сиваченко ; дата публ.: 16.05.2016.

ОЦЕНКА ПАЯЕМОСТИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ РАСТЕКАНИЯ ПРИПОЯ

Введение. Гальванические покрытия имеют широкое распространение в технологии радиоэлектронных изделий. Иммерсионные покрытия, получаемые химической реакцией замещения в растворе, образуют тонкие и однородные покрытия тех участков, где имеется открытая медь, при этом обеспечивается хорошая паяемость, высокая плоскостность контактных площадок и совместимость со всеми методами пайки [1].

Пайка является основным способом образования соединений выводов электронных компонентов. Входной контроль паяных соединений является важной задачей в производстве изделий электронной техники, поскольку напрямую обуславливает весь производственный процесс. Предварительная оценка паяемости — обязательный шаг на пути формирования технологического процесса производства изделий электроники. Отсюда вытекает целесообразность разработки и применения эффективной измерительной аппаратуры для оценки паяемости покрытий по отношению к электронным компонентам.

Паяемость определяется физико-химической природой материалов и припоя, способом и режимами пайки, флюсующими средами, условиями подготовки паяемых поверхностей и т. д. Для того чтобы пайка электронных модулей прошла успешно, покрытия компонентов и печатных плат (финишные покрытия) должны хорошо сочетаться, поскольку при пайке они находятся в одинаковых условиях и по припою, и по флюсу, и по температурно-временным режимам [2]. Этим обусловлена необходимость объективной оценки эффективности применяемого типа покрытия.

Основная часть. Главной характеристикой, обуславливающей паяемость покрытий, является коэффициент растекания припоя. Значение коэффициента растекания припоя в случае проведения измерений по методу высоты капли припоя (1), высчитывается исходя из соотношения высот капель припоя в начальном состоянии и после растекания по поверхности:

$$K_p = \frac{(H_0 - H_p)}{H_0}, \quad (1)$$

где K_p — коэффициент растекания;

H_0 — высота «лежащей» капли припоя до растекания, которая находится из условий несмачивания поверхности;

H_p — высота капли припоя после растекания;

$$H_0 = \sqrt{\frac{2\sigma_{1,2}(1 - \cos \theta)}{\rho g}},$$

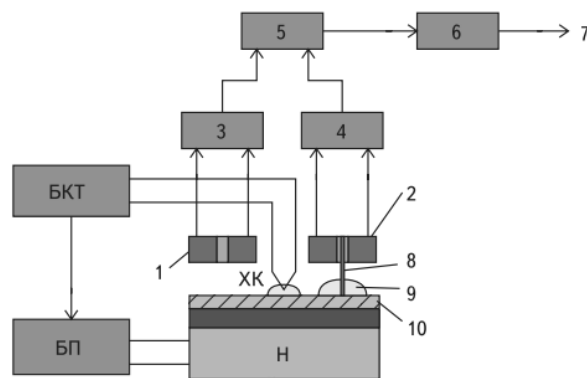
где ρ — плотность припоя;

g — ускорение силы тяжести.

По данной методике отличной паяемости соответствует $K_p = 1$. Паяемость считается удовлетворительной, если коэффициент растекания припоя составляет не менее 0,9, а высота капли припоя — не более 0,6 мм.

Для измерения паяемости покрытий предложен прибор, работающий по принципу бесконтактного измерения методом индуктивного преобразования с последующим заданием частотного соответствия выделенному разностному сигналу. При выборе элементной базы прибора для измерения паяемости данным методом особое внимание было уделено нормам надежности, ремонтпригодности и экономичности одновременно с рациональным выбором составляющих, имеющих широкое применение в современной радиоаппаратуре, обеспечивающих максимальную простоту сборки и электрического монтажа, регулировки и испытаний. Электронные модули прибора выполнены по технологии поверхностного монтажа, что позволило уменьшить габариты платы устройства, а также снизить стоимость по сравнению с навесным исполнением.

Индуктивные датчики блока индуктивных датчиков выполнены из фторопласта. Применение фторопласта является необходимым ввиду высоких температур перегрева, возникающих при продолжительной работе прибора. Принцип работы прибора (рисунок 1) заключается в изменении индуктивности катушки при изменении расстояния от верхней точки капли припоя до катушки.

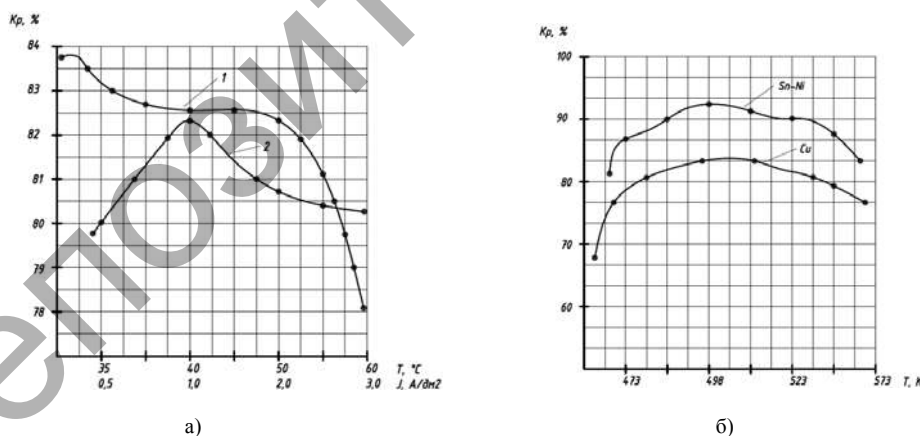


1 — опорная катушка; 2 — измерительная катушка; 3 — опорный генератор
4 — измерительный генератор; 5 — смеситель; 6 — интегратор; 7 — блок индикации;
БКТ — блок контроля температуры нагрева подложки; БП — блок питания прибора

Рисунок 1 — Структурная схема прибора для оценки паяемости

Электронный блок содержит два генератора, настроенных по принципу индуктивной трещоточки, в индуктивной ветви которых включены измерительная и зондовая катушки, служащие для установки прибора на нуль в целях исключения влияния толщины пластины и их материала на показания прибора. Колебания с измерительного генератора, который взаимодействует с исследуемым образцом, и колебания с опорного генератора, который имеет контакт с чистой пластиной, подаются на смеситель, который выделяет разностную частоту, по которой судят о величине высоты капли припоя фиксированной массы. При помощи предварительно составленной номограммы [3] задается соответствие коэффициенту растекаемости, на основании которого можно судить о паяемости исследуемого покрытия.

При помощи прибора для оценки паяемости была произведена оценка коэффициента растекаемости покрытия Sn-Ni. По виду кривых (рисунок 2, а) можно сделать вывод о целом негативном влиянии повышения температуры осаждения на качество гальванических покрытий. Оптимальная температура — 25 °С. Плотность тока также оказывает нелинейное воздействие на покрытия, образуя приблизительный эффективный максимум в 1 А / дм² и оказывая постепенно прогрессирующее негативное влияние на растекаемость припоя при отклонении от выявленного экстремума. На рисунке 2, б, показаны кривые оценки K_p в сравнении с поверхностью чистой меди, выявлено повышение растекаемости припоя до 10 % во всем температурном диапазоне.



а — кривая зависимости K_p от плотности тока и температуры; 1 — зависимость от температуры; 2 — зависимость от плотности тока при $T = 60$ °С; б — кривая зависимости K_p от температуры при заданных покрытиях

Рисунок 2 — Зависимости коэффициента растекаемости припоя от режимов осаждения покрытий

Заключение. Главными достоинствами прибора являются простота, удобство пользования, быстрое получение результатов. Кроме того, с помощью этого метода можно исследовать паяемость не только различных покрытий, но и различные типы флюсов, в частности, органических флюсов на основе муравьиной, щавелевой, адипиновой кислот. Прибор отличается повышенной надежностью за счет исполнения с применением элементной базы в виде SMD-компонентов.

Список цитируемых источников

1. Хмыль, А. А. Гальванические покрытия в изделиях электроники / А. А. Хмыль, В. Л. Ланин, В. А. Емельянов. — Минск : Интегралполиграф, 2017. — 480 с.
2. Медведев, А. А. Бессвинцовые технологии монтажной пайки. Что нас ожидает? / А. А. Медведев // Электрон. компоненты. — 2004. — № 11. — С. 29—34.
3. Емельянов, В. А. Оценка паяемости гальванических покрытий токопроводящих элементов электронной аппаратуры / В. А. Емельянов, Л. К. Кушнер, А. А. Хмыль // Электронная техника. Сер. 7: Технология и организация производства. — Минск : ЦНИИ «Электроника», 1990. Вып. 3. — С. 74—79.

УДК 621.91.04

Н. Н. Попок, доктор технических наук, профессор, А. В. Сидикович, Е. В. Бритик
Учреждение образования «Полочский государственный университет», Новополоцк

СТЕПЕНЬ СЛОЖНОСТИ СТАНКОВ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ГРУППЫ

Введение. В настоящее время актуальна задача по переходу предприятий машиностроения на освоение новой продукции. При этом планируемая номенклатура к выпуску изделий часто не совпадает с продукцией основного производства. Возникает необходимость в экспертной оценке технических возможностей предприятия и экономических затрат на производство новой продукции. Здесь имеет место определение базисного потенциала предприятия, эффективности внедрения новых технологий и оборудования и в конечном итоге возможности выпуска новых изделий.

Основная часть. Анализ номенклатуры выпускаемых изделий на предприятиях позволил выделить три различных сценария перехода предприятия к освоению выпуска нового изделия.

1. Предприятие выпускает базовое изделие, близкое по номенклатуре новому.
2. Предприятие не выпускает изделие, близкое по номенклатуре новому.
3. Предприятие планирует выпускать новое изделие с созданием соответствующего технологического базиса.

Признаками, которые могли бы охарактеризовать изделие при определении затрат на его производство, были приняты конструктивные (К), технологические (Т) и функциональные (Ф). Оценивать значимость этих признаков изделия предложено по критерию степени сложности [1] (рисунок 1). Конструктивная сложность изделия определяется конструкцией, технологическая — изготовлением, функциональная — назначением.

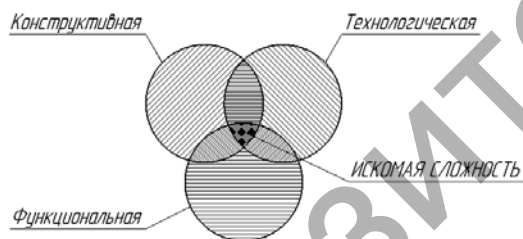


Рисунок 1 — Взаимосвязь признаков изделия по критерию степени сложности, характеризующих изделие

Моделирование первой ситуации оценки возможностей выпуска нового изделия, например станка, потребовала определения условной детали, по которой производитель мог бы рассчитать трудоемкость изготовления нового станка. В станке в качестве условной детали может быть принята такая деталь, как шпиндель [2]. Для примера на рисунке 2 приведен эскиз шпинделя полуавтомата круглошлифовального с ЧПУ.

Шпиндель металлорежущего станка — одна из наиболее ответственных деталей. Качество изготавливаемых на станке деталей в значительной степени зависит от качества шпинделя и его опорных шеек, жесткости шпинделя и стабильности его положения в опорах. Основное функциональное назначение шпинделя шлифовального станка —

передать от привода обрабатываемой заготовке вращательное движение с определенными угловой скоростью и крутящим моментом. В качестве опор шпинделей станков применяют подшипники качения и подшипники скольжения. Шпиндель, несущий на себе режущий инструмент, рядом своих размеров непосредственно участвует в размерных цепях системы «станок—приспособление—инструмент—заготовка», непосредственно влияя на точность изготавливаемой детали. Прежде всего это относится к опорным шейкам, выполняющим роль основных баз, размеры которых вследствие вращения шпинделя включаются в размерную цепь и непосредственно влияют на точность изготавливаемой детали. Поэтому для обеспечения стабильности положения оси вращения шпинделя необходимо в первую очередь обеспечить равенство радиусов в каждом из сечений его опорных шеек, правильность геометрической формы шеек, требуемое отклонение их относительного положения, соосность и требуемый параметр шероховатости поверхности. Для сохранения неизменности положения шпинделя в осевом направлении во время работы станка следует обеспечить с определенным допуском перпендикулярность основных опорных базисующих поверхностей по отношению к оси вращения шпинделя и соосность с резьбой установочных прижимных гаек.

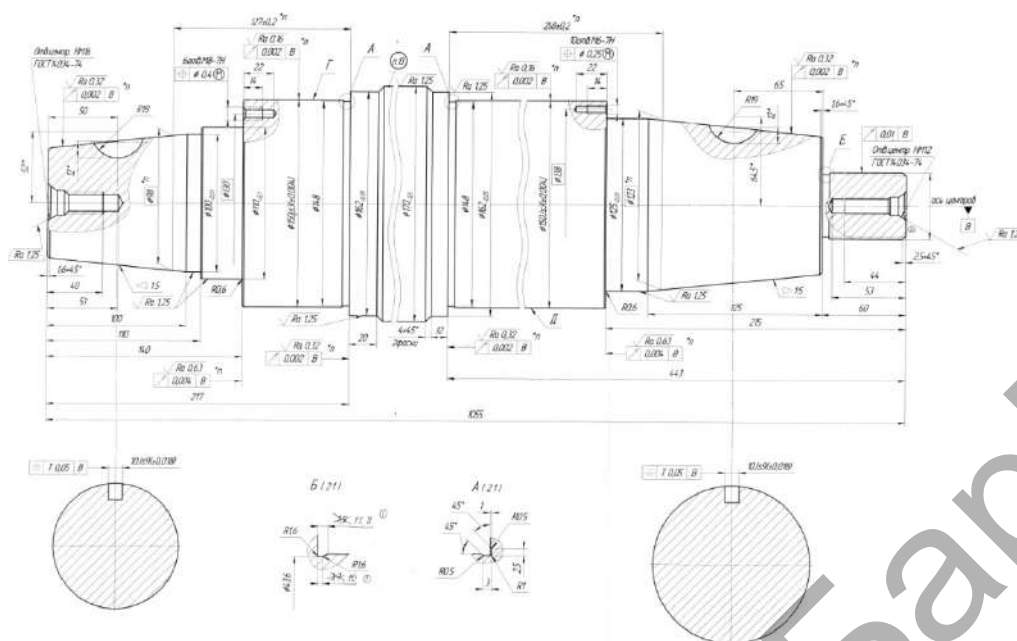


Рисунок 2 — Шпиндель полуавтомата круглошлифовального с ЧПУ

Точность положения режущего инструмента, установленного на шпинделе, относительно оси вращения шпинделя определяется точностью исполнительных поверхностей и их соосностью. Такими исполнительными поверхностями являются конические поверхности.

Анализ конструкций шпинделей номенклатуры станков шлифовальной группы показал, что на трудоемкости технологий их изготовления могут оказывать влияние различные исходные технические требования как к самой детали, так и к изделию в целом. Так, анализ составляющих трудоемкости изготовления шпинделей шлифовальных станков позволил выделить следующие исходные технические требования, влияющие как на трудоемкость условной детали, так и на окончательную трудоемкость станка: 1) класс точности станка; 2) наличие системы ЧПУ; 3) серийность производства; 4) метод получения заготовки шпинделя; 5) масса заготовки шпинделя.

Был проведен статистический анализ применимости операций обработки поверхностей шпинделей по группам типового шлифовального оборудования (частичная выборка представлена в таблице 1), сопоставлены трудоемкость и технические характеристики шпинделей и станков (таблица 2).

Т а б л и ц а 1 — Применяемость операций для обработки поверхностей шпинделей шлифовальных станков, %

Деталь	Станок	Операция					
		Токарная	Шлифовальная	Сверлильная	Фрезерная	Расточная	Суперфинишная
Шпиндель 1	Полуавтомат круглошлифовальный с ЧПУ	52,99	43,08	3,14	0,10	0,69	—
Шпиндель 2	Универсальный круглошлифовальный полуавтомат с ЧПУ	45,19	51,85	0,55	0,19	2,22	—
Шпиндель 3	Плоскошлифовальный станок, класс точности В	46,62	51,83	1,45	0,10	—	—
Шпиндель 4	Плоскошлифовальный станок с ЧПУ, класс точности В	32,05	54,41	0,16	0,21	2,61	—
Шпиндель 5	Станок плоскошлифовальный с круглым поворотным наклоняемым столом и горизонтальным шпинделем с цифровой индикацией, класс точности П	60,04	30,71	4,06	0,53	1,90	2,76
Шпиндель 6	Плоскошлифовальный станок класс точности В	44,75	53,25	1,79	0,20	—	—
Шпиндель 7	Станок плоскошлифовальный с крестовым столом, горизонтальным шпинделем и командоконтроллером, класс точности В	29,42	59,21	6,04	0,13	—	5,19

Т а б л и ц а 2 — Трудоемкость изготовления $T_{шт}$ шпинделя с учетом класса точности станка, наличия системы ЧПУ, массы заготовки, массы заготовки, профиля заготовки и нормы расхода материала

Деталь	Станок	Трудоемкость изготовления $T_{шт}$, мин	Масса детали $M_{дет}$, кг	Масса заготовки $M_{заг}$, кг	Профиль заготовки	Норма расхода материала $N_{расх}$, кг
Шпиндель 1	Полуавтомат круглошлифовальный с ЧПУ	3 604,2	133	211,74	Круг $\varnothing 180 \times 1060$	239,709
Шпиндель 2	Универсальный круглошлифовальный полуавтомат с ЧПУ	3 444,72	54,46	86,41	Круг $\varnothing 135 \times 769$	96,312
Шпиндель 3	Плоскошлифовальный станок, класс точности В	1 256,64	46,2	72,96	Круг $\varnothing 110 \times 978$	74,6
Шпиндель 4	Плоскошлифовальный станок с ЧПУ, класс точности В	1 151,28	26	57,97	Круг $\varnothing 110 \times 777$	59,68
Шпиндель 5	Станок плоскошлифовальный с круглым поворотным наклоняемым столом и горизонтальным шпинделем с цифровой индикацией, класс точности П	962,58	8,23	19,87	Круг $\varnothing 75 \times 573$	20,808
Шпиндель 6	Плоскошлифовальный станок, класс точности В	956,508	29	57,97	Круг $\varnothing 110 \times 777$	59,68
Шпиндель 7	Станок плоскошлифовальный с крестовым столом, горизонтальным шпинделем и командоконтроллером, класс точности В	531,15	8,23	19,87	Круг $\varnothing 75 \times 573$	20,808

Заключение. Анализ данных таблиц 1 и 2 показывает, что наиболее применяемыми операциями при изготовлении шпинделей (конструктивная и технологическая сложности), являются шлифовальные и токарные с соответствующим технологическим оснащением, причем примерно в равных пропорциональных соотношениях (49 и 44 % соответственно); трудоемкость изготовления (технологическая сложность) шпинделей круглошлифовальных станков с ЧПУ (шпиндели 1 и 2, см. таблицу 2) в 3 раза выше, чем плоскошлифовальных (шпиндель 4, см. таблицу 2) и в 4—7 раз выше, чем плоскошлифовальных станков без ЧПУ (шпиндели 3, 5, 6, 7, см. таблицу 2) из-за их различной функциональной сложности. Поэтому предприятию, ранее выпускавшему плоскошлифовальные станки без ЧПУ, необходимо существенно изменить технологический базис производства с соответствующими капитальными вложениями.

Список цитируемых источников

1. Попок, Н. Н. Обеспечение мобильности машиностроительного производства на основе технологических модулей / Н. Н. Попок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В : Промышленность. Прикладные науки. — 2009. — № 8. — С. 123—129.
2. Попок, Н. Н. Технологическая степень сложности [Электронный ресурс] / Н. Н. Попок, А. В. Сидикевич, Е. В. Бритик // Инновационные технологии в машиностроении : электрон. сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 19—20 апр. 2018 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. В. К. Шелега, Н. Н. Попок. — Новополоцк, 2018. — С. 109.

УДК 621.926

В. А. Потапов¹, Л. А. Сиваченко² доктор технических наук, профессор

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», Могилев

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ЦЕПНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ

Введение. Проблемы переработки влажных сырьевых материалов имеют важное народно-хозяйственное значение, что обусловлено их огромными объемами, высокой стоимостью и сложностью применяемого оборудования, большими эксплуатационными издержками.

Основная часть. Применяемое в настоящее время оборудование в должной степени не решает переработки влажных сырьевых материалов, что в первую очередь связано с отсутствием научно аргументированных разработок в области проектирования технологических агрегатов для этих целей. Одним из направлений повы-

шения их эффективности может быть предложенная нами новая концепция повышения эффективности переработки ряда важных сырьевых материалов на основе использования адаптивных методов воздействия на обрабатываемую среду, создания оборудования с дополнительными функциональными возможностями. Методической базой в этом случае может служить идеология использования в качестве рабочих органов многозвенных шарнирных элементов, соединяемых между собой, образующих волнообразные рабочие поверхности, связанных с приводным механизмом, который обеспечивает строго определенный характер движения и, соответственно, воздействия на обрабатываемый материал.

Основываясь на фундаментальных закономерностях проведения технологических процессов ряда стадий переработки влажных сырьевых материалов [1—3], промышленной эксплуатации существующего оборудования и разработанной концепции, нами предлагаются новые технические решения агрегатов для работы с влажными дисперсными продуктами, которые реализованы в конструкции цепного рыхлителя.

В качестве базовых конструкции первоначально предлагалась конструкция цепного агрегата в одноволновом исполнении [4] (рисунок 1).

Структурный анализ рабочего оборудования разработанной конструкции цепных агрегатов показал, что она обладает целым рядом недостатков, к числу которых можно отнести недостаточный уровень силового воздействия на обрабатываемые материалы из-за невозможности установки в одноволновом исполнении крупных зубьев, необходимых для разрушения крупного материала, ограниченные размеры по ширине рабочей камеры, повышенные рабочие нагрузки на элементы конструкции, в частности, на кривошипно-шатунный механизм, а также наличие зон низкой интенсивности процесса в районе боковых стенок.

На основании вышеизложенного в качестве модернизированной конструкции цепного агрегата был принят цепной агрегат с двухволновой рабочей камерой и маятниковым приводом, который обладает рядом преимуществ по сравнению с одноволновым исполнением цепных рабочих органов [5; 6].

При разработке конструкции двухволновой рабочей камеры цепного агрегата маятниковые рычаги можно закреплять с верхним и нижним подвесом.

Схема, предусматривающая закрепление цепного агрегата с верхним подвесом маятниковых рычагов, обладает отличительным преимуществом, заключающимся в простоте обслуживания и ремонта рабочего оборудования в сравнении с нижним подвесом маятниковых рычагов. Однако к недостаткам данной конструкции можно отнести тот факт, что маятниковые рычаги, которые занимают некоторый объем камеры, снижают производительность. Кроме того, с кинематической точки зрения толкатель совершает колебательные движения по дуге окружности по направлению вверх, стремясь перенести материал от центра к стороне гибкой стенки, при этом просто отталкивая его, что снижает эффективность процесса.

Схема, предусматривающая закрепление цепного агрегата с нижним подвесом маятниковых рычагов, обладает следующими преимуществами: маятниковые рычаги смонтированы снизу, не занимают объем в камере и, таким образом, не участвуют в процессе переработки, толкатель движется по дуге окружности, направленной вниз, при этом стремится перенести материал в сторону цепей, что благоприятно влияет на процесс переработки. Недостатком данной конструкции является сложность обслуживания и ремонта, неблагоприятные условия работы подвижных частей привода — забивание их перерабатываемым материалом.

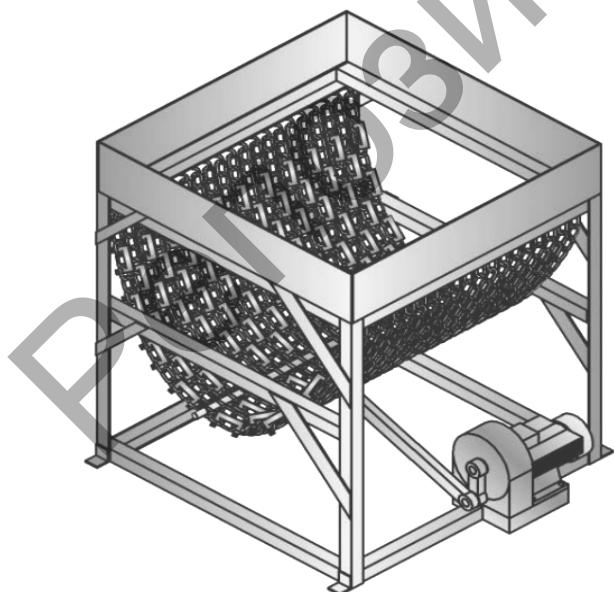


Рисунок 1 — Цепной агрегат с одноволновой рабочей камерой и верхним подвесом маятниковых рычагов



Рисунок 2 — Цепной агрегат с двухволновой рабочей камерой и верхним подвесом маятниковых рычагов (вид сбоку)

Заклученне. Рассмотрены варианты конструктивного исполнения рабочих камер цепных агрегатов, предназначенных для измельчения влажных материалов. Указаны преимущества и недостатки различных схем данного оборудования. Выбор того или иного варианта подвеса маятниковых рычагов будет зависеть от условий работы цепного агрегата, физико-механических свойств перерабатываемого материала, характера его загрузки (транспортёр, экскаватор и бункера) и заданной эффективности рабочего процесса.

Список цитируемых источников

1. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.]. — Минск : Изд. центр БГУ, 2008. — 375 с.
2. Технологические комплексы и оборудование для переработки и утилизации технологических материалов : учеб. пособие / В. С. Севостьянов [и др.]. — Белгород : Изд-во БГТУ, 2015. — 321 с.
3. Технические основы переработки и утилизации техногенных материалов / В. С. Севостьянов [и др.]. — Белгород : Изд-во БГТУ, 2011. — 263 с.
4. Сиваченко, Л. А. Цепные технологические агрегаты многоцелевого назначения и их развитие / Л. А. Сиваченко, А. М. Ровский, И. А. Реутский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. — 2014. — № 1. — С. 78—86.
5. Белоус, Д. Ю. Разработка конструкции многоцелевого цепного агрегата / Д. Ю. Белоус, В. А. Потапов // Содружество наук-2018 : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановичи, 17 мая 2018 г. — Барановичи : БарГУ, 2018. — С. 24—26.
6. Сиваченко, Л. А. Многофункциональный технологический агрегат с цепным рабочим оборудованием / Л. А. Сиваченко, В. А. Потапов, Т. Л. Сиваченко // Энергоресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Белгород, 20—21 сент. 2018 г. / БГТУ им. В. Г. Шухова. — Белгород, 2018. — С. 211—215.

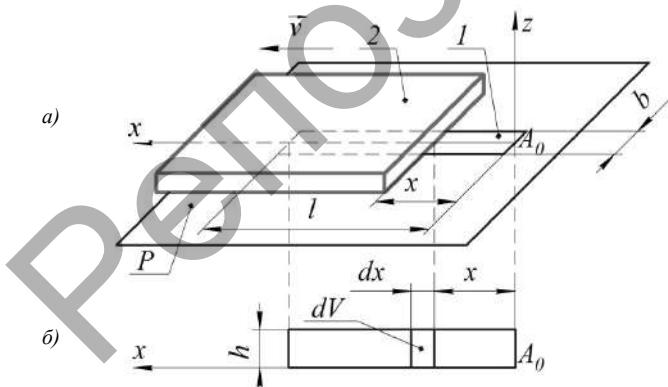
УДК62.565

С. І. Русан, кандидат тэхнічных навук, дацэнт, Л. Л. Сотнік
Установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт», Баранавічы

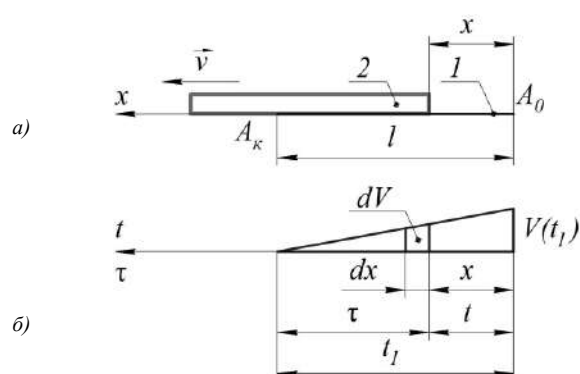
ДАСЛЕДАВАННЕ ПРАПУСКНОЙ ЗДОЛЬНАСЦІ ТЭХНАЛАГІЧНЫХ ПЕРАХОДАЎ СА ЗМЕННЫМІ ПАРАМЕТРАМІ

Уступ. У многіх вытворчых агрэгатах утворанае ў працэсе перапрацоўкі вадкае ці сыпучае асяроддзе перамяшчаецца па трубах або праз адтуліны, пераходы розных геаметрычных формаў з адной ёмістасці ў іншую. Пры гэтым узнікае неабходнасць у вызначэнні аб'ёму рэчыва, што перамяшчаецца паміж ёмістасцямі за пэўны час, інакш — прапускной здольнасці пераходаў ці прадукцыйнасці агрэгатаў.

Асноўная частка. Тут у якасці мадэлі для даследавання разглядаецца пераход l (шчыліна) прамавугольнай формы размерамі $b \times l$, змешчаны ў гарызантальнай плоскасці (рысунак 1, а). Засаўка 2 можа рухацца ўздоўж восі A_0x і часткова або цалкам закрываць ці адкрываць шчыліну l . Рух засаўкі адбываецца адначасова з перамяшчэннем асяроддзя праз адкрытую частку шчыліны. Лічым, што рэчыва перамяшчаецца з пастаяннай скорасцю v_1 з верхняй прасторы, што над плоскасцю P , у ніжнюю. Плоскасць P можа з'яўляцца дном пасудзіны, напоўненай рэчывам, напрыклад, пяском.



Рысунак 1 — Мадэль пераходу (а) і эпіюра змянення аб'ёму ў эталонным варыянце (б)



Рысунак 2 — Бакавая праекцыя пераходу (а) і эпіюра змянення аб'ёму ў варыянце з рухомай засаўкай (б)

Мэта даследавання заключаецца ў вызначэнні прапускной здольнасці пераходу l у залежнасці ад закону руху засаўкі 2. Разглядаюцца тры законы руху $x = x(t)$: роўнамерны, раўнапераменны і гарманічны. Для параўнальнага аналізу вызначаецца і аб'ём рэчыва, што перамяшчаецца праз увесь пераход $b \times l$ без засаўкі за адзінку часу (эталонны варыянт). Час (працягласць) перамяшчэння рэчыва на любым элементарным участку Δl шчыліны будзем абазначаць літарай τ . У агульным выпадку τ — велічыня пераменная: $\tau = \tau(t)$, дзе t — час руху засаўкі да разглядаемага ўчастка Δl шчыліны. Зразумела, што на ўчастках, дзе пераход адкрываецца раней, працягласць перамяшчэння τ рэчыва праз шчыліну большая.

Ва ўсіх названых варыянтах руху засаўкі час да поўнага адкрыцця пераходу (яе перамяшчэнне на адлегласць l) будзем абазначаць t_1 . Такі ж час прымаем і для працягласці перамяшчэння асяроддзя праз шчыліну ў эталонным варыянце. Для яго эпюра, што характарызуе змяненне аб'ёму перамяшчаемага праз шчыліну рэчыва па яе даўжыні l , прадстаўлена на рысунку 1, б, у выглядзе прамавугольніка; яго старана $h = V_1 t_1$ — вышыня стоўбчыка рэчыва, які перамясціўся пад плоскасць P . Гарызантальнае сячэнне стоўбчыка роўна $b dx$, яго аб'ём $dV = b dx h$; аб'ём усяго прасыпанага праз шчыліну рэчыва $V = \int_0^l b h dx$ ці $V = b l v_1 t_1$, м^3 .

Для параўнання прапускных здольнасцей розных тыпаў пераходаў зручней карыстацца характарыстыкай $q = \frac{V}{t_1}$. Пры апісанні якасцей вытворчага агрэгата гэту характарыстыку называюць прадукцыйнасцю. Такім чынам, прадукцыйнасць агрэгата з пераходам без засаўкі вызначаецца па формуле

$$q = b l v_1, \text{м}^3 / \text{гадз} \quad (1)$$

пры ўмове, што скорасць вымяраецца ў $\text{м} / \text{гадз}$, а размеры b і l — у метрах.

Даследаванне пераходаў з рухомымі засаўкамі. На рысунку 2, а, засаўка 2 рухаецца са скорасцю v улева. У момант часу t яна знаходзіцца на адлегласці x ад пачатку A_0 шчыліны l .

На рысунку 2, б, паказана эпюра змянення аб'ёму рэчыва, што перасыпаецца пад плоскасць P (якая працягваецца на рысунку ў лінію $A_0 x$). Ардынаты эпюры прапарцыянальны працягласці τ перасыпання рэчыва праз адпаведны ўчастак шчыліны. Найбольшы аб'ём рэчыва $V(t_1)$ паспявае перамясціцца праз участак Δl , што прылягае да пункта A_0 у момант часу $t = t_1$ (калі адкрываецца ўвесь пераход). Элементарны аб'ём (стоўбчык) рэчыва, якое перамяшчаецца праз участак шчыліны dx за час τ , роўны:

$$dV = b dx v_1 \tau, \quad (2)$$

дзе τ , як відаць на рысунку 2, б, роўны $t_1 - t$.

Засаўка рухаецца раўнамерна. Скорасць яе руху $v = \text{const}$, закон руху:

$$x = vt, \quad dx = v dt.$$

Па формуле (2) знаходзім:

$$dV = b v v_1 (t_1 - t) dt,$$

$$V = \int_0^{t_1} b v v_1 (t_1 - t) dt = b v v_1 \int_0^{t_1} (t_1 - t) dt = c t_1 \int_0^{t_1} dt - c \int_0^{t_1} t dt = c \left(t \Big|_0^{t_1} - \frac{1}{2} t^2 \Big|_0^{t_1} \right) = \frac{1}{2} c t_1^2,$$

дзе $c = b v v_1$.

Тут $t_1 = \frac{l}{v}$, таму $V = \frac{1}{2} c \left(\frac{l}{v} \right)^2$. Канчаткова $V = \frac{1}{2} b v v_1 t_1$, м^3 , адкуль

$$q = \frac{1}{2} b l v_1, \text{м}^3 / \text{гадз}. \quad (3)$$

Засаўка рухаецца раўнапаскорана. Яе паскарэнне $a = \text{const}$, скорасць $v = at$. Пасколькі $v = dx / dt$, то $dx = v dt = at dt$. Падстаўляем dx у формулу (2):

$$dV = b v_1 a t (t_1 - t) dt = c_1 t (t_1 - t) dt,$$

дзе $c_1 = b v_1 a$.

Знаходзім:

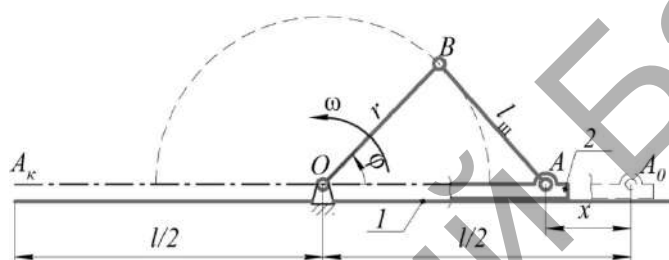
$$V = c \int_0^{t_1} t(t_1 - t) dt = c \left(t_1 \int_0^{t_1} t dt - \int_0^{t_1} t^2 dt \right) = c \left(t_1 \frac{1}{2} t^2 \Big|_0^{t_1} - \frac{1}{3} t^3 \Big|_0^{t_1} \right) = \frac{1}{6} c t_1^3 = \frac{1}{6} c t_1^2 t_1.$$

З формулы $l = \frac{at_1^2}{2}$ вызначаем: $t_1^2 = \frac{2l}{a}$. Тады $V = \frac{1}{6} c \left(\frac{2l}{a} \right) t_1 = \frac{1}{3} b l v_1 t_1, \text{ м}^3$, адкуль

$$q = \frac{1}{3} b l v_1, \text{ м}^3 / \text{гадз}. \quad (4)$$

Засаўка рухаецца паводле гарманічнага закону. Будзем лічыць, што яна прыводзіцца ў рух пры дапамозе крывашыпа-шатуннага механізма OBA (рысунк 3). Вось вярчэння O крывашыпа OB усталяўваем пасярэдзіне даўжыні шчыліны: $A_0O = OA_k = l/2$. Прымаем даўжыні крывашыпа і шатуна аднолькавымі ($l_{ш} = r$), а вуглавую скорасць ω крывашыпа пастаяннай; тады яго вугал паварота $\varphi = \omega t$. З рысунка 3 вызначаем:

$$x = 2r(1 - \cos \omega t).$$



Рысунк 3 — Мадэль пераходу з рухам засаўкі па гарманічным законе

Далей знаходзім:

$$\frac{dx}{dt} = 2r\omega \sin \omega t.$$

Паводле формулы (2) атрымліваем:

$$dV = b(2r\omega \sin \omega t) v_1 (t_1 - t) dt = c_2 (t_1 \sin \omega t - t \sin \omega t) dt,$$

дзе $c_2 = 2br\omega v_1$.

Патрэбны далей для вызначэння V інтэрвал ад здабытку $t \sin \omega t$ знаходзім шляхам інтэгравання па частках:

$$\int t \sin \omega t dt = \frac{\sin \omega t}{\omega^2} - \frac{t \cos \omega t}{\omega}.$$

Такім чынам,

$$V = c_2 \left[\left(\frac{t_1}{\omega} \right) (-\cos \omega t) \Big|_0^{t_1} - \left(\frac{\sin \omega t}{\omega^2} - \frac{t \cos \omega t}{\omega} \right) \Big|_0^{t_1} \right].$$

Улічваем, што тут $\omega t_1 = \pi$ і $2r = l/2$. Канчаткова атрымліваем:

$$V = \frac{1}{2} b v v_1 t_1, \text{ м}^3,$$

дзе $t_1 = \pi / \omega$.

Адсюль знаходзім:

$$q = \frac{1}{2} b l v_1, \text{ м}^3 / \text{гадз}. \quad (5)$$

Паглыбленае даследаванне ўласцівасцей пераходу A_0A_k з гарманічным законам руху засаўкі дазваляе ўстанавіць яго цікавую асаблівасць: левая палова OA_k валодае ледзь не ўдвая большай прапускання здольнасцю, чым правая.

У момант часу $t = t_1$, калі крывашып павернецца на вугал π , адкрыты ўвесь пераход, далей яго прапусканная здольнасць вызначаецца формулай (1). Але калі крывашып без спынення працягне рух, то пераход пачне закрывацца. Працягласць закрывання t_1 і аб'ём перамяшчаемага за гэты час рэчыва V такі ж, як і пры адкрыванні.

Заклучэнне. Параўноўваючы прапусканныя характарыстыкі (3), (4), (5) з эталоннай (1) і паміж сабою, устаўляем, што яны істотна залежаць ад законаў руху засавак. Але, у прыватнасці, пры раўнамерным і гарманічным руху названыя ўласцівасці не адрозніваюцца. Распрацаваная тут агульная методэка даследавання прапусканных здольнасцей зменных у часе пераходаў дазваляе даследаваць і іншыя варыянты пераходных устройстваў.

УДК 004.051

Е. В. Соловей, В. В. Гаранович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Введение. В наше время системы автоматизированного проектирования (далее — САПР) используются в различных отраслях инженерной деятельности: строительстве, машиностроении, авиастроении, архитектуре, картографии, бытовой электротехнике и др. Данные системы позволяют не только проектировать чертежи, минимизируя ошибки проектирования, но и моделировать детали в трехмерном изображении, рассмотреть и анализировать процессы сборки, требуемые формы и т. п. Эти функции делает процесс разработки и создания деталей гарантированно быстрее и качественнее, а выпускаемую продукцию не только качественнее, но и дешевле. Стоит отметить, что жизненный цикл программного обеспечения имеет цикличность, разрабатываются новые версии САПР с более широким функционалом, ориентированные на потребности современного инженера и производства. Приоритетным направлением на текущий момент является реализация использования САПР в сетях и возможность осуществления групповой работы над одним проектом. В перспективе видим возможность подключения системы анализа работы над проектом не как отдельно взятого модуля, а как постоянного сопровождения процесса проектирования.

Основная часть. Основными требованиями к промышленному производству являются улучшение качества изготавливаемой продукции, рациональное использование сырья, снижение стоимости продукции и скорость выхода продукта на рынок. Без внедрения современных информационных технологий в машиностроение высокого результата добиться невозможно, этим обуславливается целесообразность использования САПР, конструктивно-технологической подготовки производства и инженерного анализа на всех этапах деятельности инженерного состава любого предприятия. Необходимым арсеналом функций создания, ведения и реализации технической документации на предприятии обладают САПР. Инженеру не приходится вычерчивать линии, цифры и буквы, стараясь правильно соблюсти ГОСТ; САПР сами предлагают шрифты, соответствующие ГОСТ.

Основными задачами САПР являются:

- 1) эффективность, включающая в себя следующие критерии:
 - скорость выполнения чертежей, позволяющая значительно ускорить процесс проектирования в несколько раз, с четко обозначенными сроками выполнения работ;
 - точность выполнения чертежей не зависит от толщины и качества грифеля карандашей, все чертежи, построенные САПР, имеют максимально маленькие погрешности (точность 0,01—0,0001 мм);
 - качество выполнения чертежей напрямую зависит от конструктора, поскольку САПР рисует линии и тексты по заложенным стандартам, все линии можно добавлять, убирать, переносить и редактировать без всяческих следов, в итоге получается качественный чертеж;
 - многократное использование чертежа позволяет организовывать библиотеки пользователя и неоднократно пользоваться сохраненными разработками в режиме монопольной работы и в сетевом режиме;
 - специально разработанный функционал для процесса проектирования имеет следующие чертежные возможности: копирование, изменение масштаба, повороты, приближение чертежа при работе и т. п.;
 - выполнение анализа разработанного проекта и осуществление расчетов основных технических показателей позволяют осуществлять эксперименты над созданными моделями и значительно ускоряют запуск разработки в массовое производство, минуя огромное количество ошибочных вариаций;
 - высокий уровень проектирования осуществляет разработку и проектирование деталей нестандартной формы и размеров;

2) удобство, позволяющее наиболее эффективно отдавать и получать информацию от конструктора к машинам и машины к разработчикам и обеспечивающее более быструю и качественную и слаженную работу всего проектного состава;

3) улучшение и максимальное использование имеющихся систем при наличии универсального и открытого программного обеспечения.

Переход на использование САПР стал переломным в машиностроении и дал возможность сократить затраты на проектирование деталей и их тестирование. Разработчикам уже не требуется покидать рабочие места в целях передачи чертежа коллегам. САПР занимается основной частью всех оформляемых документов, которые требуются для инженерной деятельности, и помогает принимать решения по возможным вариантам производства деталей. Раньше копировать чертежи было проблематично, что затрудняло распространение чертежей и решение совместных проблем между сотрудниками одного предприятия или между предприятиями, последние версии САПР позволяют осуществлять совместную работу нескольких десятков инженеров над различными машинами и механизмами, причём каждый из которых занимается разработкой отдельной детали большого проекта. Чтобы проверить, насколько детали совместимы друг с другом, инженеры должны просматривать разработанные чертежи своих коллег и собирать и видеть общую картину результата проектирования. С внедрением САПР в машиностроение проектировщикам, инженерам и технологам теперь не приходится все время собираться, изучать и анализировать готовые чертежи и 3D-модели, поскольку инженеры получили возможность свободного, но санкционированного доступа к проектируемым деталям не только на рабочем месте, но и дома, в пути, в командировке и т. п. Таким образом, можно говорить о возможности осуществлять проектную работу в удалённом режиме. Позже, отправляя свои наработки посредством Сети в компанию, инженеры отчитываются о проделанном объёме выполненных заданий, а экономия рабочего времени сократилась с нескольких дней до несколько минут.

Чертежи, спроектированные САПР, хранятся в электронном виде, это позволяет легко копировать работы, делиться ими, а также хранить в библиотеках. Имея резервные копии, можно не опасаться утери наработанного материала из-за различных непредвиденных случаев.

Проведение испытаний отдельно взятого узла или модели целиком САПР способна заменить математическими вычислениями с минимально возможными погрешностями в расчетах и наглядно рассчитать и доказать, насколько состоятельна испытываемая разработка, определить «тонкие и слабые» стороны, что значительно ускоряет процесс тестирования и подбора необходимых оптимальных параметров разработки, а также снижает затраты средств на производство разрабатываемой детали.

По степени автоматизации управляющих функций выделяются уровни управления проектированием:

- компонентный — необходимо знать специфические особенности конкретной программы, настроить интерфейсы используемых программ;
- ресурсный — необходимо оперировать программами при компиляции маршрута проектирования, но специфика каждой программы скрыта в силу унифицированного подхода при проектировании;
- задачный — необходимо уметь составлять маршрут проектирования не из отдельных программ, а из отдельных проектных процедур;
- проблемный — формулирует задания в форме «что необходимо реализовать», т. е. определять проектную проблему.

Возможности современных САПР позволяют инженеру не держать в голове представление детали до завершения процесса изготовления, а видеть разрабатываемую деталь трехмерной модели на каждом этапе проектирования. САПР помогает определить последовательность процесса изготовления детали, какие инструменты рациональнее использовать, какие штампы и пресс-формы имеет смысл применять, что значительно снижает шанс выпускаемого брака разрабатываемой детали. Процедуры параметрического синтеза в САПР могут быть реализованы: инженером в процессе многовариантного анализа (в интерактивном режиме); на базе формальных методов оптимизации (в автоматическом режиме) [1, с. 127].

Реально функционирующие в современных САПР системы с базами знаний чаще всего относят к классу экспертных систем, позволяющих синтезировать имеющуюся информацию.

Заключение. Использование САПР в машиностроении позволяет исключить ошибки в расчётах и свести погрешности на чертежах к минимуму. Дальнейшее развитие САПР имеет огромный потенциал, например, добавив функцию сопроводительного анализа процесса проектирования в САПР, возникла бы возможность не только выполнять расчеты в автоматизированном режиме, но и предоставлять помощь разработчикам по подбору материала, который оптимальным образом подходит для производства детали как составной части задуманной конструкции или механизма из имеющихся библиотек, баз, банков или хранилищ данных. Считаем перспективным направление развития САПР в тандеме с программами, созданными на базе систем искусственного интеллекта, такими как системы поддержки принятия решений, экспертные системы, системы интеллектуального анализа данных.

Список цитируемых источников

1. Чичварин, Н. В. Экспертные компоненты САПР / Н. В. Чичварин. — М. : Машиностроение, 2014. — 240 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Введение. Актуальность получения молодыми инженерами практических знаний и умений оперативно выбирать оптимально правильные решения существовала всегда, возможность наработки подобного опыта вероятна только в ситуации обмена знаниями с опытными, компетентными специалистами либо в процессе использования современных компьютерных технологий. К сожалению, желающих помогать в профессиональном становлении молодым специалистам крайне мало, следовательно, имеет смысл решать проблему практического обучения в сфере машиностроения в Беларуси с использованием экспертных систем. Опираясь на зарубежный опыт использования экспертных систем в производстве, возможно получить решение большого количества актуальных проблем: определение оптимального срока выпуска продукции, рациональных подходов, технологий и методов в проектировании и производстве, определение качества и спроса на выпускаемые продукты и т. д. Основная проблема заключается в том, что на текущий момент в стране не существует экспертных систем, адаптированных под запросы машиностроения. Разработка программных продуктов, необходимых для создания полно функционирующей экспертной системы и создание баз знаний и хранилищ знаний по областям машиностроения, — достаточно привлекательная перспектива развития машиностроительной отрасли Республики Беларусь.

Основная часть. Экспертная система — компьютерная система, которая способна частично или полностью заменить специалиста-эксперта для решения вопросов, связанных с конкретной отраслью, или для оперативного решения любой проблемной ситуации в отдельно взятой сфере человеческой деятельности. Они создаются для решения практических задач в узкоспециализированных областях, где большую роль играют опытные специалисты, работу которых нужно облегчить либо заменить работой экспертной системы. Экспертные системы начали разрабатываться в 1970-х годах и сейчас используются достаточно широко в мировой практике: в медицине, сельском хозяйстве, производстве и т. д. Экспертные системы — направление исследований в сфере искусственного интеллекта по созданию систем, которые могут заменить специалиста на производстве или существенно облегчить его работу, умеющие принимать решения, которые схожи с решениями экспертов в данной области. Прежде всего стоит сказать, что пока в целом в Республике Беларусь разработка экспертных систем идёт недостаточными темпами, к сожалению, они не нашли своего массового применения в инженерной сфере Республики Беларусь. Проблема развития экспертных систем в сфере машиностроения в том, что крайне мало опытных специалистов, готовых передать свой опыт, свои практические знания в производстве и тратить на процесс наполнения баз знаний своё время. На данный момент в Беларуси не хватает мотивации компетентным специалистам передавать свой опыт молодым специалистам. В свою очередь, молодому специалисту машиностроения пригодилась бы экспертная система тем, что она помогла бы избежать серьёзных и мелких ошибок в практической работе, а также оперативно решить сложные неструктурированные задачи, оказать помощь в интересующем вопросе. Возможности экспертных систем могут предоставить современному инженеру арсенал накопленных знаний, чтобы ускорить выполнение задач и оперативно найти решение назревающих вопросов нахождения и решения перспективных ошибок в производстве, их минимизации, повысить квалификации в инженерной сфере, распознать стандартные и нестандартные ситуации, возникающие как на производстве, так и в управленческой работе.

Развитие и внедрение в производство экспертных систем могло бы решить ряд задач по ускорению производственного процесса и более качественному выполнению конечной продукции. Определим круг вопросов и возможностей современных экспертных систем в области машиностроения Республики Беларусь: ускорение процессов решения поставленных перед инженером задач; прогнозирование появления перспективных ошибок; повышение опыта и ускорение обучения молодых специалистов; прогнозирование и предотвращение возможных сбоев и неполадок на производстве (за исключением человеческого фактора); оперативное решение производственных задач оптимальным образом; анализ имеющегося ассортимента деталей для выбора оптимальных вариантов для замены их замены в связи с поломкой станков; анализ качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции; возможность получить советы по модернизации производства и выстраиванию приоритетности в выборе участков модернизации; подбор персонала для реализации новаций, ноу-хау в сфере машиностроения и т. д.

Реализовать внедрение экспертных систем на производстве можно только в случае обучения высококлассных специалистов пользоваться экспертными системами, пополнять своими знаниями созданные базы и обучать экспертные системы. Также требуется наличие самих экспертных систем, т. е. промышленные предприятия нуждаются в закупке специализированного аппаратного обеспечения и создании программных разработок, адаптированных под цели и функции конкретного предприятия. Назревает вопрос создания и запуска экспертной системы общегосударственного значения, консолидирующей в себе знания специалистов в области машиностроения и способной в интерактивном режиме решать широкий круг серьёзных задач. Не исключается из рассмотрения динамические экспертные системы узкоспециализированных профилей машиностроения, поскольку системы внешних датчиков экспертных систем, помещённые в среды, не предназначенные для чело-

веческой жизнедеятельности (области высокого и низкого давления, неприемлемые температурные диапазоны, большая загазованность или агрессивная химическая среда, состояние невесомости и безвоздушного пространства), позволят более качественно изучить процессы, протекающие в механизмах, оценить возможности созданных машин и перспективы создания машин нового поколения. Внедрение экспертных систем на производствах существенно сократит время на обучение новых специалистов, позволит минимизировать количество неполадок, ускорить процесс решения серьёзных задач производственного характера. Важнейшим фактором, обуславливающим необходимость использования экспертных систем в машиностроении, является возможность сохранения и распределения знаний отдельных опытных экспертов, полученных ими в процессе многолетней работы и колоссального практического опыта, — создание институциональной памяти (люди уходят, а накопленные в процессе их работы знания остаются).

Базы знаний создаются тандемной работой программистов и высококлассных специалистов-инженеров, которые передают свои знания о процессах и объектах, поясняют логическую схему рассуждений по выбору оптимального решения конкретных задач, приводят неформализуемые факторы, которые необходимо учитывать. Процесс работы с экспертами или специалистами состоит в извлечении знаний, это процесс сложный, трудоемкий, содержит факторы технического, производственного, психологического и социального характера. Эксперт должен желать и быть в состоянии помочь досконально изучить предметную область. Он должен осознавать, что экспертная система, базу знаний которой он помогает сформировать, проектируется для помощи ему же и его коллегам в практической деятельности, а не в целях вытеснения их с рынка труда. Проблема извлечения знаний и их распределения — сегодня одна из основных проблем производственных организаций [1, с. 148].

Заключение. Экспертные системы — весьма эффективная и полезная технология, способная поднять производство на более высокий качественный и конкурентоспособный уровень. Использование экспертных систем позволяет существенно экономить время и уменьшает шанс возникновения неполадок в производстве. Они способны полностью или частично заменить специалиста-эксперта, вследствие этого специалист-эксперт может быть занят другой, более важной работой. Ещё одна актуальная точка зрения в развитии экспертных систем — финансовая. Экспертные системы позволят в перспективе экономить денежные затраты, вследствие чего повысится эффективность всего производства в целом. В Республике Беларусь перспектива развития экспертных систем есть, необходимо внедрять данное направление развития информационных технологий в машиностроение в целях повышения эффективности производства и для существенного экономического эффекта. Одной из областей использования идей и методов искусственного интеллекта в сфере промышленного производства является область создания промышленных роботов с элементами искусственного интеллекта. При имеющейся сегодня аппаратной и программной базе наблюдается возрождение кибернетики, причем достаточно успешно.

Список цитируемых источников

1. Алиев, Р. А. Производственные системы с искусственным интеллектом / Р. А. Алиев, Н. М. Абдикеев, М. М. Шахназаров. — М. : Радио и связь, 2016. — 264 с.

УДК 621.926.3

Л. Л. Сотник¹, С. И. Ханин², профессор, доктор технических наук

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», Белгород, Российская Федерация

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ СТУПЕНЧАТОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Введение. В Республике Беларусь имеется ряд отраслей, где эффективно используется ступенчатое измельчение материалов. Это в первую очередь предприятия промышленности строительных материалов, сельскохозяйственного производства, химической промышленности, а также предприятия по переработке строительного мусора. Проведенный анализ литературных данных [1; 2] позволил установить, что реализация неиспользованных резервов помольных агрегатов за счет ступенчатого непрерывного процесса измельчения обеспечивает более рациональные условия разрушения материала, что является весьма перспективным.

При достижении измельчаемых частиц определенного размера эффективность измельчения снижается, поэтому необходимо вовремя выводить готовый продукт из зоны измельчения. Это позволит исключить ненужное переизмельчение материала, повысить производительность, снизить расход энергии, получить конечный продукт заданного гранулометрического состава, а также повысить срок службы измельчающего устройства [3; 4].

Основная часть. Технологическая схема многоступенчатого измельчительного комплекса представлена на рисунке 1. Реализация такой схемы позволяет совместить в себе принцип пошагового нагружения измельчаемых частиц и вывода готового продукта после каждой ступени измельчения.

Реализованные в помольных линиях многоступенчатость разрушения и классификации частиц определяет их универсальность, а также позволяет решить вопросы переработки материалов по различным направлениям и отраслям.

Среди предприятий строительных материалов ведущее место в Республике Беларусь занимают цементные заводы. Белорусские флагманы в производстве цемента — РУП «Белорусский цементный завод» (Костюковичи), ОАО «Кричевцементношифер» (Кричев) и ОАО «Красносельскстройматериалы» (Красносельск) — имеют крупное и наиболее модернизированное производство цемента в Беларуси. Перспективная потребность республики в цементе с учетом экспорта продукции прогнозируется в объеме 4 млн т в год. На этих предприятиях измельчение происходит в две ступени:

- сухой способ производства: 1-я ступень — барабанная бесшаровая мельница «Аэрофол» и одновременная подсушка; 2-я ступень — молотковый измельчитель;

- мокрый способ производства: 1-я ступень — барабанная бесшаровая мельница «Гидрофол»; 2-я ступень — барабанная шаровая мельница.

Мощность привода при таком ступенчатом разделении достигает 3 000 кВт, а удельный расход электроэнергии — до 20 кВт · ч на одну тонну сырья. Для сравнения фирма: “Polysius” внедрила на цементном заводе в Гонконге мощную сырьевую мельницу производительностью 310 т/ч с мощностью привода 5 000 кВт, удельный расход электроэнергии — до 40 кВт · ч на одну тонну сырья [5].

Измельчение клинкера на таких предприятиях также осуществляется в две ступени: 1-я ступень — молотковая дробилка; 2-я ступень — барабанная шаровая мельница.

Мощность привода при этом достигает 5 МВт, а расход электроэнергии — до 60 кВт · ч на тонну сырья.

Еще одним представителем строительных материалов, при измельчении которого используется ступенчатая система, является щебень. На предприятии РУПП «Гранит» (Микашевичи) ежегодно выпускается более 15 млн т гранитного щебня. Измельчение осуществляется в две ступени: 1-я ступень — щековая дробилка; 2-я ступень — конусная дробилка.

На предприятии ОАО «Доломит» (Витебск) производят также щебень (доломитовый) и доломитовую муку. Здесь горное сырье при производстве доломитовой муки проходит три ступени: 1-я ступень — щековая дробилка; 2-я ступень — барабанная мельница «Аэрофол» и одновременная подсушка горячими газами; 3-я ступень — шахтная мельница.

На этом предприятии суммарные затраты электроэнергии составляют до 50 кВт · ч на тонну сырья при производительности в 55...60 т/ч.

Еще одним направлением, занимающим высокое место по потреблению электроэнергии в промышленности строительных материалов, занимает производство силикатных изделий. В Республике Беларусь находится большое количество предприятий по производству силикатных блоков и кирпичей, по общей массе превышающих 3,5 млн т. Измельчение известьсодержащей массы занимает небольшую долю (до 10 %) и осуществляется в две ступени: 1-я ступень — пресс-валковый измельчитель (ПВИ); 2-я ступень — барабанная шаровая мельница.

Мощность привода достигает 4 МВт, а удельный расход электроэнергии — до 50 кВт · ч на тонну сырья.

Главным представителем химической промышленности является ПО «Беларуськалий», основной продукцией которого являются калийные удобрения. Объем добываемой предприятием руды превышает 40 млн т в год. Переработкой добываемой силвинитовой руды занимаются три фабрики. Измельчение осуществляется в две ступени: 1-я ступень — молотковые дробилки; 2-я ступень — барабанные стержневые мельницы.

Суммарная проектная мощность привода при этом достигает 1 000 кВт при производительности на первой ступени 3 500 т/ч, на второй — 200 т/ч.

Еще одна фабрика этого предприятия также работает в две ступени, но на обеих установлены молотковые дробилки производительностью 200 т/ч.

Проведенный анализ технологических линий показывает, что большинство предприятий имеют ступенчатую систему производства готового продукта, однако энергозатраты остаются весьма высокими.

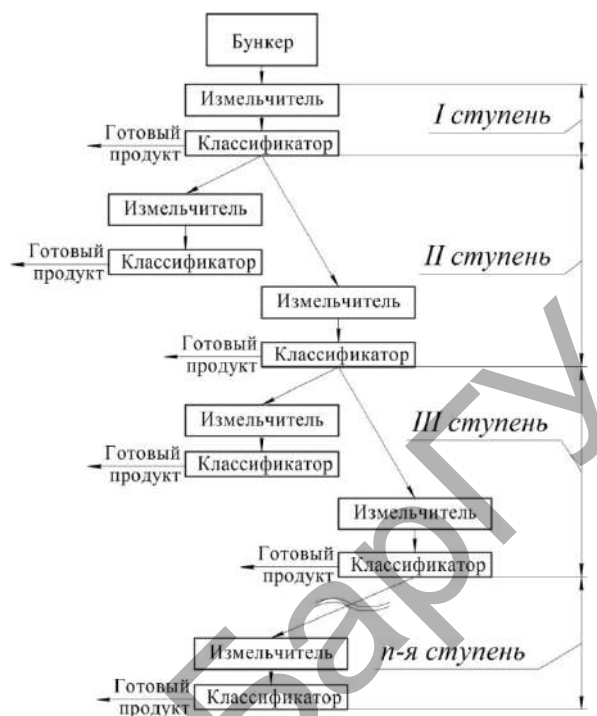


Рисунок 1 — Схема многоступенчатого измельчительного комплекса

Анализ зарубежной практики показывает, что на многих предприятиях в технологическую линию целесообразно внедрять ПВИ перед окончательной стадией измельчения. Использование ПВИ при помоле цемента приводит к снижению удельного расхода электроэнергии на 20...40 % и повышению производительности на 15...40 % [6; 7]. Это достигается за счет меньших затрат энергии, расходуемой на предварительное измельчение клинкера.

Так, например, при внедрении валкового измельчителя перед роторной мельницей на заводе “Titan Cement Company” (Греция) [8] производительность помольной линии возросла с 55 т/ч до 80 т/ч (на 45 %), а удельные энергозатраты конечного помольного агрегата снизились с 13,8 кВт·ч/т до 9,4 кВт·ч/т, при этом на предварительное измельчение в ПВИ расходовалось 2,4 кВт·ч/т.

Наиболее распространенными в настоящее время являются технологические схемы, включающие в себя валковые мельницы (для предварительного измельчения), молотковую дробилку (для дезагрегации спрессованного материала) и шаровую мельницу (для окончательного помола шихт) [9]. За счет использования подобных схем на 20...30 % повышается производительность и на 15...25 % снижается расход электроэнергии.

Заключение. Использование ступенчатого процесса измельчения материалов позволяет значительно повысить производительность технологической линии и снизить удельные энергозатраты. Существующие данные по энерго- и ресурсосбережению показывают преимущества реализации технологии переработки сырья в устройствах многоступенчатого разрушения и классификации материала.

Список цитированных источников

1. Пироцкий, В. З. Совершенствование техники и технологии измельчения портландцементного клинкера: оценка эффективности помольных систем / В. З. Пироцкий // Совершенствование техники и технологии измельчения портландцементного клинкера и добавок. — 1986. — Вып. 90. — С. 3—23.
2. Романович, А. А. Тенденции развития и направления совершенствования помольного оборудования цементных заводов / А. А. Романович, С. А. Мещеряков // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития—2012 : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Одесса. — Одесса, 2012. — Т. 30. — С. 63—67.
3. Денисов, В. А. Механико-технологические основы создания центробежных измельчителей для зерна и других материалов : дис. ... д-ра техн. наук / В. А. Денисов. — Ижевск, 1991. — 420 л.
4. Йоахим, Х. Развитие одноэтапных процессов измельчения в цементной промышленности / Х. Йоахим // Цемент. Извест. Гипс. — 2006. — № 1. — С. 24—38.
5. Longueville, H. Une installation moderne de broyage de dinker: Latelier Ide da Societe das Cimeses et eugrais de Dannes et de XXIII; Est (CEDEST — 7), HEMING // Cement. Betons. Plâtres. Chaux. — 1980. — № 1. — P. 13—16.
6. Kreckal, K. Roller mills have found a role — Pit and Quarry / K. Kreckal, S. Stilles // Rock Products. — 1974. — № 1. — P. 49—52.
7. Романович, А. А. Особенности процесса постадийного измельчения материалов с использованием пресс-валкового агрегата / А. А. Романович // Изв. высш. учеб. заведений. Строительство. — 2007. — № 9. — С. 88—91.
8. 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.
9. Kohan William, J. Improving ball mill performance with a hydraulic roll crusher / J. Kohan William // Pit and Quarry. — 1988. — № 9. — P. 54—58.

УДК 622.23.05

Н. М. Федосов, Ю. С. Наривончик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

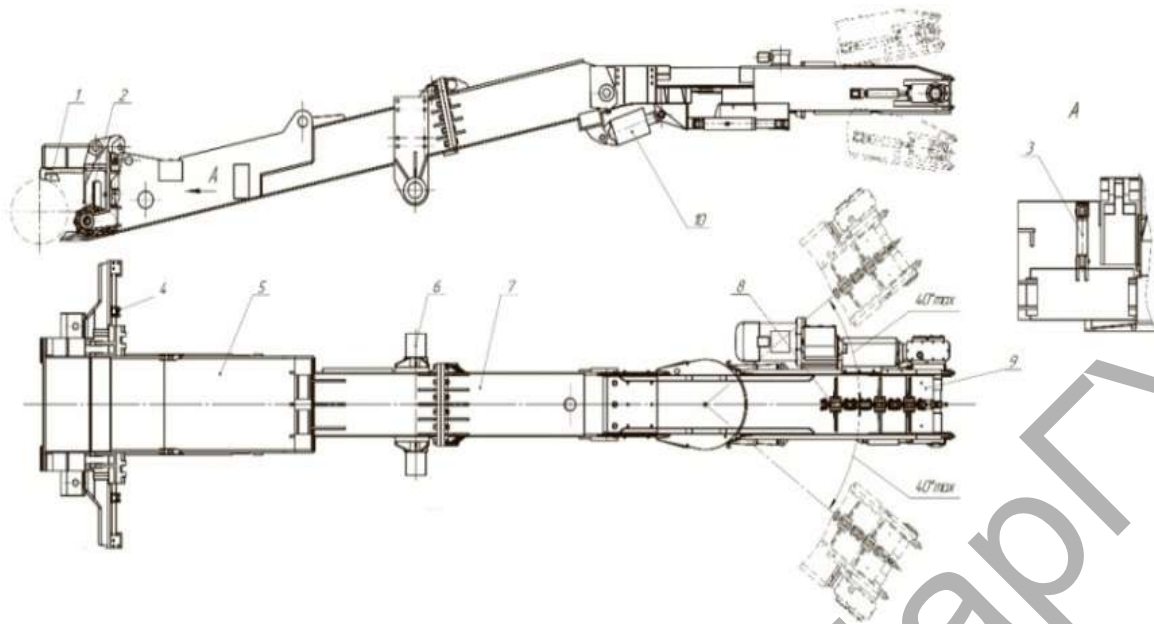
РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ РЕДУКТОРА КОНВЕЙЕРА ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА «УРАЛ 61А»

Введение. Конвейер проходческо-очистного комбайна «УРАЛ 61А» служит для транспортировки отбитой горной массы и погрузки её в бункер-перегрузатель. Конструкция конвейера, его привода, а также надёжность работы указанных механизмов имеют существенное значение для обеспечения требуемой производительности комбайна.

Основная часть. Повышение производительности труда является основной задачей любого производства. Нами были проанализированы имеющиеся конструкции исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов. В качестве модернизации предложена конструкция исполнительного органа (патент Республики Беларусь № 9284 от 15.03.2013), который, по результатам экспериментальных исследований, показал, что при его использовании, производительность комбайна возрастает с 3 т/мин до 3,3...3,5 т/мин; удельные энергозатраты снижаются с 5...9 кВт·ч/м³ до 2,7...3,2 кВт·ч/м³ и выход мелких классов сокращается с 7...9 до 5...6 % [1].

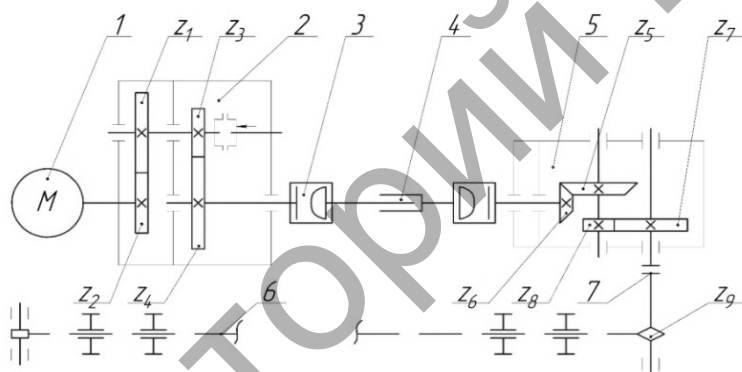
В связи с увеличением производительности в дальнейшем ставилась цель рассчитать основные параметры конвейера и его привода (рисунок 1). Расчёты осуществлялись по методикам, представленным в источниках [2; 3].

Предлагается привод конвейера, состоящего из двух редукторов (рисунок 2) со связью между ними через карданный вал, заменить на более простой редуктор, что приведет к значительному уменьшению металлоёмкости, веса и габаритов механизма. При этом тихоходный вал редуктора обеспечит все необходимые выходные характеристики (рисунок 3).



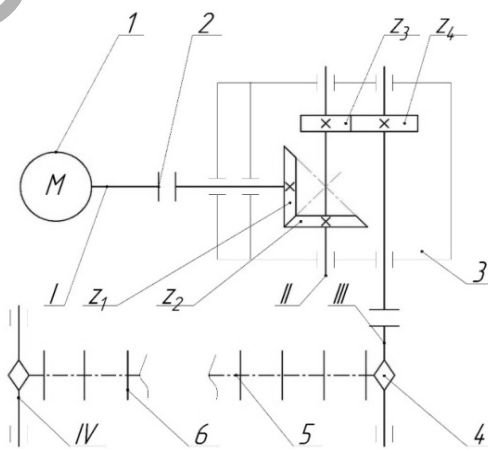
1 — клин; 2 — вал; 3 — гидроцилиндр; 4 — гидроцилиндр; 5 — рама; 6 — ось; 7 — рама; 8 — цепь скреповая; 9 — хвостовая часть; 10 — гидроцилиндр

Рисунок 1 — Скреповый конвейер комбайна «УРАЛ 61А»



1 — электродвигатель; 2 — двухступенчатый цилиндрический редуктор; 3 — шарнир;
4 — карданный вал; 5 — двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор; 6 — цепь конвейера; 7 — муфта

Рисунок 2 — Кинематическая схема привода конвейера комбайна «УРАЛ 61А» (до модернизации)



1 — электродвигатель; 2 — муфта соединительная упругая;
3 — редуктор коническо-цилиндрический двухступенчатый горизонтальный;
4 — звезда; 5 — скреповая цепь; 6 — скребок

Рисунок 3 — Кинематическая схема разработанного редуктора привода конвейера комбайна «УРАЛ 61А» (после модернизации)

Заключение. Разработан модернизированный конвейер комбайна проходческо-очистного «УРАЛ 61А», в котором предполагается использование одного редуктора взамен двух. Внедрение предложенной разработки позволит значительно снизить металлоёмкость, вес и габариты механизма, а также повысить производительность. Для обоснования технико-экономических преимуществ по сравнению с существующими конструкциями были произведены соответствующие кинематические, силовые и прочностные расчёты конвейера комбайна и основных его сборочных единиц и деталей.

Список цитируемых источников

1. Бувечич, В. В. Совершенствование исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов «Урал» / В. В. Бувечич. — М. : Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2016. — 175 с.
2. Трифанов, М. Г. Оценка нагруженности приводов проходческо-очистных комбайнов для выбора технически обоснованных режимов работы в реальных условиях эксплуатации / М. Г. Трифанов. — М. : Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2017. — 166 с.
3. Курмаз, Л. В. Детали машин. Проектирование : справ. учеб.-метод. пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. — М. : Высш. шк., 2005. — 309 с.

УДК 621.1:628.336.6

В. А. Шапоров

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ОБОГАЩЕНИЯ БИОГАЗА ДО БИОМЕТАНА

Введение. Уровень потребления природного газа (далее — ПГ) в Беларуси достаточно высок. Его доля в структуре топливного баланса составляет 75...80 % [3].

Беларусь обеспечивает себя ПГ за счет собственных ресурсов примерно на 20%, остальной ПГ страна импортирует преимущественно из России. Уменьшение потребления ПГ и его замещение альтернативами является вопросом национальной безопасности. Одной из возможностей замещения ПГ является производство биометана (далее — БМ).

Рынок использования БМ в качестве моторного топлива практически неограничен. Поскольку свойства БМ близки к свойствам ПГ, использование БМ в качестве моторного топлива возможно в любых пропорциях с ПГ. При этом нет необходимости в модификации транспортных средств или же газовых распределительных сетей.

Производство БМ стремительно развивается в странах ЕС и имеет хорошие предпосылки и перспективы в Беларуси. Биометан можно производить как для внутреннего потребления, так и на экспорт. В настоящее время в Беларуси нет примеров проектов производства БМ, как и не существует нормативной и законодательной базы для его использования [3].

Основная часть. Целью статьи является обзор и анализ существующих методов очистки и обогащения биогаза (далее — БГ) до БМ. Автором статьи были изучены и проанализированы публикации, затрагивающие методы очистки и обогащения БГ до БМ.

Биогаз очищают по трем основным причинам: обеспечение соответствия требованиям к свойствам топлива, применяемого в различных типах оборудования (двигатели, котлы, топливные элементы, т. п.); увеличение калорийности газового топлива; стандартизация газовых топлив [1].

Методы очистки БГ от примесей зависят от способа его дальнейшей утилизации. К примеру, при использовании БГ для производства тепла в котлах ограничения касаются лишь концентрации H_2S (не более 1 000 ppm). При этом нет необходимости удалять влагу и углекислый газ. В случае применения БГ в кухонных плитах существуют более высокие требования к очистке от H_2S . При сжигании БГ в газопоршневых двигателях существуют определенные требования к содержанию H_2S (обычно не выше 200 ppm), а также к избыточному содержанию влаги (не допускается образование конденсата). Наиболее строгие требования к очистке БГ предъявляются в случае подачи его в сеть природного газа (ПГ) и при прямом использовании в качестве моторного топлива. В этом случае необходимо обогащение БГ до качества ПГ.

Главным компонентом удаления при обогащении БГ до качества БМ является углекислый газ. Технология его удаления является определяющей в общей схеме очистки. Дополнительными этапами очистки являются предварительное удаление либо доочистка от примесей, преимущественно H_2S , влаги, силоксанов, а также возможная коррекция состава БМ по температуре точки росы и теплотворной способности в зависимости от требований применяемого стандарта.

В основе применяемых технологий обогащения биогаза лежат сорбционные, фильтрационные и криогенные методы. Существует шесть основных коммерческих технологий обогащения БГ (рисунок 1) [1]: абсорбция

водой (водяной скруббер); адсорбция при переменном давлении (АПД); химическая абсорбция органическими сорбентами; физическая абсорбция органическими сорбентами; мембранная сепарация; криогенная сепарация.

Абсорбция водой (водяной скруббер). Растворимость CH_4 в воде в 25 и 74 раза меньше растворимости CO_2 и H_2S соответственно ($P = 101,325 \text{ Па}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) [2]. Эта физическая особенность положена в основу метода разделения газов путем абсорбции в водяном скруббере при повышенном давлении (до 5...10 бар). Десорбция CO_2 и H_2S из воды проходит при снижении давления до атмосферного либо вакуумировании. Для интенсификации десорбции применяют отдувку газов воздухом. Для недопущения биологического обростания системы водооборота на очистной станции рекомендуется удалять H_2S на предварительной стадии. Пары воды удаляют после стадии обогащения. Особенностью данной технологии является необходимость контроля содержания O_2 в БМ, попадающего в него с водой после отдувки воздухом. В 2012 году этим методом очищались 42,4 % БГ до БМ в мире (см. рисунок 1).

Адсорбция при переменном давлении. Суть метода АПД состоит в сорбции молекул CO_2 на поверхности материалов при повышенном давлении БГ. В качестве сорбирующих материалов обычно применяют активированный уголь либо молекулярные сита. В процессе удаляются также O_2 и N_2 . Регенерация материалов проходит путем десорбции при понижении давления. В данном методе влагу и H_2S удаляют на предварительном этапе (25,6 % в 2012 году).

Химическая абсорбция органическими сорбентами (химический скруббер). Другие органические вещества обладают способностью к селективному химическому связыванию CO_2 при низком давлении. В технологии химического скруббера используют вещества группы аминов (моноэтаноламин, диметилэтаноламин). Данный метод отличается высокой степенью удаления CO_2 при незначительных потерях CH_4 . Регенерация сорбента происходит путем обратной химической реакции, инициируемой обычно нагреванием или вакуумированием. Сероводород удаляют на предварительной стадии. После обогащения БМ осушают и компримируют (19,5 % в 2012 году).

Физическая абсорбция органическими сорбентами (физико-органический скруббер). Некоторые органические вещества способны поглощать CO_2 и H_2S более активно, чем вода. В качестве такого сорбента обычно используют полиэтиленгликоль. Основные процессы в данном случае проходят по аналогии с технологией водяного скруббера. Сероводород рекомендуется удалять на предварительном этапе, поскольку при регенерации органического сорбента требуется значительное количество энергии на его удаление (6,1 % в 2012 году).

Мембранная сепарация. Мембранная сепарация бывает двух основных типов: «сухие» мембраны и «мокрые» мембраны. Принцип «сухих» мембран основан на создании разности давлений по обе стороны мембраны, при этом молекулы газов (CO_2 и H_2S) проходят сквозь поры мембраны, а молекулы CH_4 остаются. «Сухие» мембраны работают при высоком (> 20 бар) либо среднем давлении (8...10 бар). В случае «мокрых» мембран используют абсорбенты (амины), поглощающие CO_2 , который диффундирует сквозь мембрану. Процесс проходит при низком избыточном давлении, близком к атмосферному. Перед обогащением БГ компримируют и осушают. После разделения требуется доочистка БМ от H_2S (5,7 % в 2012 году).

Криогенная сепарация. Температура кипения метана — $161,5 \text{ }^\circ\text{C}$, а углекислого газа — $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$. При понижении температуры в условиях избыточного давления CO_2 переходит в жидкое состояние, когда метан находится еще в газообразном. При этом CO_2 можно относительно легко отделить от метана. Выделенный таким способом CO_2 является достаточно чистым и может быть товарным продуктом. На предварительных этапах из БГ удаляют влагу и сероводород (0,7 % в 2012 году).



Рисунок — Технологические методы очистки БГ до БМ в мире

Заключение. В данной статье были рассмотрены основные методы очистки и обогащения БГ до БМ: адсорбция при переменном давлении; абсорбция водой (водяной скруббер); физическая абсорбция органическими сорбентами; химическая абсорбция органическими сорбентами; мембранная сепарация; криогенная сепарация.

Следует выделить, что основную позицию по очистке и обогащению БГ до БМ в мире занимает метод абсорбции водой (водяной скруббер) и адсорбции при переменном давлении (см. рисунок 1). Успех применения этих двух методов по очистке и обогащению заключается в наименьших экономических затратах и в простоте метода, к примеру, метод физической абсорбции органическими сорбентами очень схож с методом абсорбции водой (водяной скруббер). В методе физической абсорбции органическими сорбентами более активно поглощаются CO_2 и H_2S , чем в методе абсорбции водой. Отличие этих методов в том, что в качестве такого сорбента, как вода, в методе физической абсорбции органическими сорбентами обычно используют полиэтиленгликоль, который в разы дороже стоимости воды. По своей простоте и эффективности удаления CO_2 из БГ на первое место можно было бы отнести криогенную сепарацию, но в связи с большими материальными затратами для постройки необходимых криогенных установок этот метод почти не применяют.

Хотелось бы отметить еще тот факт, что для всех методов по очистке и обогащению БГ до БМ рекомендуется удалять H_2S на предварительном этапе, так как требуется значительное количество энергии на его удаление.

Список цитируемых источников

1. Daniel Tamm. Biogas upgrading / F. Bauer [et al.] // Review of commercial technologies / SGC Rapport. — 2013. — P. 270.
2. P. G. T. Fogg and C. L. Young, Eds., IUPAC Solubility Data Series, Vol. 32, Hydrogen Sulfide, Deuterium Sulfide, and Hydrogen Selenide, Pergamon Press, Oxford, England, 1988.
3. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. — Горки : БГСХА, 2012. — С. 376.

СЕКЦИЯ 5
АДАПТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ
ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

УДК 631.3

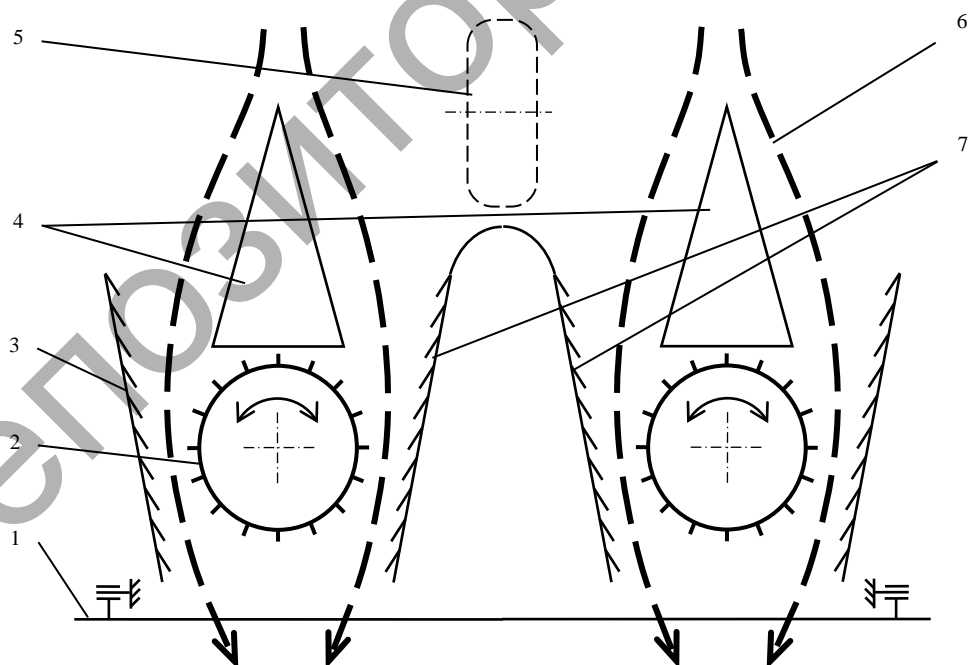
В. А. Бурдейко, И. В. Дубень, кандидат технических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
МАШИНЫ ДЛЯ СБОРА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА**

Введение. В современном картофелеводстве по-прежнему важной задачей является защита растений картофеля в период вегетации от вредителей и болезней, в частности, от колорадского жука. Эффективность применяемых защитных мер может быть обеспечена при грамотном применении агротехнических, химических и механических способов уничтожения вредителей. Применение механических методов борьбы с вредителем позволяет уменьшить количество и интенсивность химобработок и тем самым сократить вредное воздействие инсектицидов на окружающую среду [1—3]. В настоящей статье изложены результаты первых испытаний новых рабочих органов машины для сбора жука и его личинок, которые были проведены в течение лета 2018 года.

Основная часть. Конструкция машины для сбора колорадского жука и новых рабочих органов, установленных на ней, предложена авторами в статье «Машина и рабочие органы для сбора колорадского жука» [4].

Цель предварительных полевых испытаний состояла в подборе конструкции и основных параметров рабочих органов — конических щеток 2, неподвижных щеток 7 и торпедных делителей 4 и их элементов (рисунков 1), обеспечивающих максимальный сбор колорадского жука и его личинок, устойчивость технологического процесса и минимальную повреждаемость ботвы картофеля.



1 — прут-ударник; 2 — коническая щетка; 3 — рифленая боковина; 4 — делители; 5 — опорно-копирующее колесо;
6 — растения картофеля; 7 — неподвижные щетки

Рисунок 1 — Схема предложенной конструкции машины для сбора колорадского жука [4]

В качестве неподвижных рабочих органов были использованы три щетки заводского изготовления с капроновыми ворсинками средней упругости длиной 8 см. Длина щеток — 0,75 м, угол установки относительно горизонтали — 30...60° в продольном и поперечном направлениях, шаг крепления ворсинок к планке составлял 3, 5, 7 или 12 мм. Щетки устанавливали вверх ворсинками, которые во время работы машины счесывали с ботвы личинки колорадского жука.

Ширина междурядий картофеля — 0,6 м, скорость движения машины в опытах — 4...10 км/ч. В процессе полевых опытов изменяли углы установки щеток относительно горизонтали как в продольном, так и поперечном направлении. При шаге крепления ворсинок 3 и 5 мм щетки довольно быстро забивались колорадским жуком, после забивания работа их была неэффективной, так как большая часть личинок оставалась на ботве, ворсинки вместе с находящимися между ними жуками начинали травмировать ботву. Для устранения указанных недостатков шаг установки ворсинок был увеличен до 12 мм, что привело к устойчивому ходу рабочего процесса. В целом применение неподвижных рабочих органов в виде щеток показало средние результаты работы, так как до 25 % жуков и личинок оставалось на ботве и продолжало свою жизнедеятельность.

Вращающиеся конусные щетки 2 (см. рисунок 1) были изготовлены в форме перевернутого усеченного конуса с диаметром в верхней части 0,45 м, в нижней — 0,25 м, высотой 0,35 м. Каркас щетки был изготовлен из проволоки диаметром 4 мм, к которому крепились ворсинки длиной 30...40 мм из вязального шпагата (первый вариант) и резиновые полоски толщиной 3 мм и размером 60 × 8 мм в плане (второй вариант). В основаниях щеток закреплены подшипники скольжения для поворота их вокруг оси во время работы в любом направлении. Это дает возможность повысить их эффект работы и срок службы. Эффект работы повышается за счет того, что щетки, совершая колебательные движения в различных направлениях, своими ворсинками более тщательно выскребают личинки колорадского жука.

Результаты испытаний подвижных конусных щеток показали, что лучший эффект обеспечивают резиновые ворсинки, которые сохраняют свою форму в процессе работы, меньше загрязняются и практически не наносят повреждений ботве. В то же время подвижные щетки одного и того же размера показали различные результаты при сборе колорадского жука с картофельной ботвы различной высоты. Следовательно, эффективность работы машины зависит от соответствия геометрических размеров конусных щеток и высоты ботвы: при невысокой ботве щетки должны иметь увеличенный диаметр у меньшего основания. При дальнейшем совершенствовании конструкции машины возможны два пути — изготовление и использование нескольких типоразмеров конусных щеток или оперативная технологическая регулировка их геометрических параметров в процессе работы машины.

Торпедный делитель 4 предназначен для деления картофельной ботвы в одном рядке на две части и последующего направления их к очесывающим щеткам. Первоначально был изготовлен и испытан делитель длиной 0,45 м из стальной проволоки диаметром 4 мм, однако он показал низкие результаты работы: наблюдалось осыпание жука на землю, недопустимое повреждение стеблей и листьев картофеля. Значительно лучше себя показал второй вариант делителя в виде конуса длиной 0,75 м, изготовленный из стального листа толщиной 0,3 мм. Увеличение длины делителя привело к тому, что ряд картофельной ботвы в более щадящем режиме делился на две части в продольном направлении, в итоге наблюдались незначительное преждевременное осыпание колорадского жука на поверхность почвы вокруг стеблей картофеля.

В процессе опытов установлено, что лучшие результаты достигаются при скорости движения машины по полю не менее 4 км/ч, при скорости более 8 км/ч происходило повреждение ботвы в местах ее смыкания. Для устойчивого движения машины по борозде желательно, чтобы сбор жуков производился после окучевания.

Заключение. В результате проведенных нами предварительных полевых опытов установлено, что предложенная конструкция машины для сбора колорадского жука и ее рабочие органы работоспособны и обеспечивают сбор не менее 75 % насекомых. Рабочие органы машины не требуют привода, достаточно просты и имеют небольшую материалоемкость. Намечены пути совершенствования конструкции ее основных рабочих органов — подвижных и неподвижных щеток, их элементов, а также выбор материалов для их изготовления.

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., 20 нояб. 2014 г., Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), А. К. Гавриленя (отв. ред.) [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2014. — С. 139—142.
2. Заяц, В. А. Анализ методов борьбы с колорадским жуком при возделывании экологически чистого картофеля / В. А. Заяц // Агропанорама. — 2008. — № 6. — С. 35—38.
3. 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., 18 дек. 2015 г., Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.), Ю. Е. Горбач (отв. ред.) [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2015. — С. 7—8.
4. Бурдейко, В. А. Машина и рабочие органы для сбора колорадского жука / В. А. Бурдейко, И. В. Дубень // Вестн. БарГУ. Сер. Технические науки. — 2018. — Вып. 6. — С. 87—95.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТУКОВЫСЕВАЮЩИЕ АППАРАТЫ ПОДКОРМОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Введение. При возделывании пропашных культур проводят одну или две подкормки минеральными удобрениями. Это способствует интенсификации роста растений, равномерности их созревания, увеличению урожайности. Туковывсевающий аппарат является основным узлом подкормочного устройства. От него зависит качество внесения удобрений, т. е. равномерность и дозировка.

Основная часть. При подкормке пропашных культур для внесения минеральных удобрений используют туковывсевающие аппараты с различными видами дозаторов: катушечными, барабанными, спирально-винтовыми, тарельчатыми и лопастными. Дозатор должен обеспечивать норму внесения от 20 до 45 г/м². Неравномерность внесения не должна превышать 7,5 % [1].

К катушечным шевронным относится туковывсевающий аппарат АТ-2Р, к спиральным — АП-2, к дисковым — АТД-2. Шнековые дозаторы выпускает завод «Чирвона зирка» (Украина).

Совершенствование туковывсевающих аппаратов осуществляется путем повышения точности внесения и равномерности распределения удобрений.

При анализе конструкций туковывсевающих аппаратов и рассмотрении технологического процесса их работы наиболее перспективными устройствами для внесения туков являются высевающие аппараты с рабочими органами, позволяющими активно выполнять отбор минеральных удобрений в бункере и принудительно перемещать их по тукопроводу к сошнику. К таким устройствам относятся катушечные туковывсевающие аппараты. К катушечным, кроме шевронных и штифтовых, можно отнести желобчатые, желобчато-штифтовые.

В Республике Беларусь одним из основных производителей культиваторов для междурядной обработки является ПОО «Техмаш» (Лида). Они производят следующие марки культиваторов: а) культиваторы фрезерные КФ (2.8; 3.0; 3.6; 4.2; 4.5; 5.4); б) культиваторы для высокостебельных культур КРН (4.2; 5.6; 8.4); в) культиваторы свекловичные УСМК (5.4; 8.1). Дозирование подачи удобрений во всех этих культиваторах из бункера в тукопровод производится катушкой, изготовленной из полиамида, что позволяет соблюдать равномерность подачи, точность нормы высева, а также исключает самопроизвольное высыпание удобрений при неработающем механизме (аналог — подача удобрений из бункера в тукопроводы производится пружинным шнеком, что не гарантирует равномерности подачи и точности нормы высева, а также не препятствует самопроизвольному высыпанию удобрений при неработающем механизме).

Подкормочное приспособление данных культиваторов состоит из туковывсевающих аппаратов; кронштейна, на который устанавливаются аппараты; валиков соединительных, при помощи которых передается вращение от одного вала туковывсевающих аппаратов на другой. Туки из аппарата попадают в тукопроводы, по которым поступают в подкормочные ножи и заделываются в почву. Привод подкормочного приспособления осуществляется с помощью цепного редуктора от опорных колес культиватора (рисунок 1).

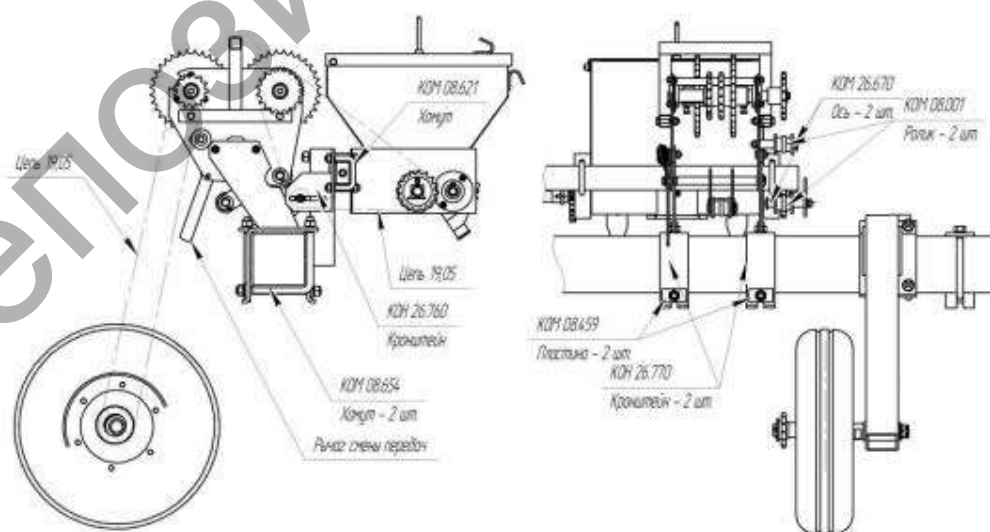


Рисунок 1 — Привод туковывсевающих аппаратов [2]

На кафедре технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии БарГУ изготовлен привод катушечного туковывсевающего аппарата производства ПООО «Техмаш» от мотор-редуктора через цепную передачу ($z_1 = 13$, $z_2 = 16$) без цепного редуктора.

Согласно техническим характеристикам, рабочая скорость пропашного культиватора составляет 6...10 км / ч. Зная обороты мотор-редуктора ($n = 135$ об. / мин) и принимая радиус колеса равным 0,2 м, можно определить поступательную скорость культиватора по формуле

$$v_{\text{п}} = \omega r_{\text{к}},$$

где ω — угловая скорость вала мотор-редуктора, рад / с;

$r_{\text{к}}$ — радиус колеса, м.

Получим:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 135}{30} = 14,0 \text{ рад / с}, \quad v_{\text{п}} = \omega r_{\text{к}} = 14,0 \cdot 0,2 = 2,8 \text{ м/с (или 10,0 км / ч)}.$$

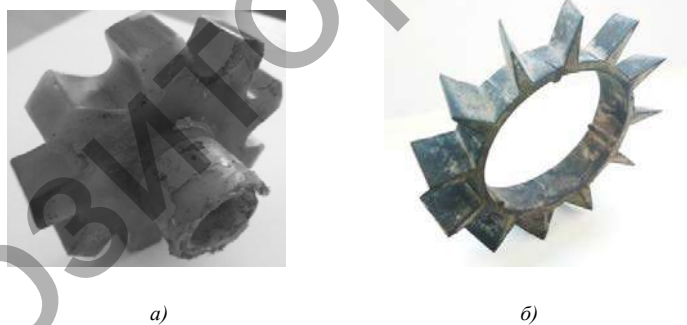
Полученное значение поступательной скорости соответствует техническим характеристикам пропашных культиваторов.

Учитывая обороты мотор-редуктора и передаточные отношения передач привода, частота вращения вала дозатора равна 50 об. / мин, что также соответствует техническим характеристикам пропашных культиваторов. Поэтому спроектированный привод позволяет проводить экспериментальные исследования катушечных дозаторов туковывсевающих аппаратов.

Для определения эффективности работы дозаторов на валу туковывсевающего аппарата были установлены два вида дозаторов: катушечный (рисунок 3, а) и лопастной (см. рисунок 3, б). Лопастной рабочий орган был изготовлен с использованием резиновой вставки дозатора с туковывсевающего аппарата пропашной сеялки MS-8200.

При работе туковывсевающего аппарата с различными рабочими органами было установлено, что при одинаковых оборотах вала лопастной дозатор имеет производительность на 26 % больше, чем катушечный дозатор с пазами. Подача гранул минеральных удобрений катушечным дозатором с пазами равна 19,7 г / с, а лопастным — 26,8 г / с.

Представляется перспективным проведение экспериментальных исследований работы туковывсевающего аппарата со следующими катушечными дозаторами: желобчатым, штифтовым, желобчато-штифтовым.



а) — с пазами; б) — с лопастями

Рисунок 3 — Фотографии рабочих органов дозаторов

Закключение. Предварительные экспериментальные исследования показали, что при частоте вращения вала дозатора 50 об. / мин подача гранулированных минеральных удобрений катушечным дозатором с пазами составляет 19,7 г / с, а лопастным — 26,8 г / с.

Последующие экспериментальные исследования различных видов дозаторов туковывсевающих аппаратов подкормочных устройств позволят определить оптимальные конструктивно-технологические параметры дозаторов.

Список цитируемых источников

1. Калугин, Д. С. Разработка и обоснование конструктивно-технологических параметров дозатора туковывсевающего аппарата для подкормки пропашных культур : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Д. С. Калугин. — Ставрополь, 2016. — 157 л.
2. Культиваторы фрезерные КФ : рук. по эксплуатации КФ 00.000 РЭ. — Лида : Техмаш, 2014. — 14 с.

СИСТЕМА АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ И КРИТИЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОВЯДИНЫ

Введение. Обеспечить производство качественных и безопасных пищевых продуктов невозможно, если не добиться качества и безопасности исходного сырья, а это может быть обеспечено лишь в условиях жесткого стандартизированного контроля [1; 3; 5; 6].

Мировой опыт показывает, что основным направлением в обеспечении безопасности пищевой продукции является применение системы анализа опасностей и критических контрольных точек (НАССР). НАССР — Hazard Analysis and Critical Control Points — анализ рисков и критические контрольные точки. Преимущество системы НАССР состоит в универсальности и возможности применения ее принципов на всех этапах технологической цепи — от сельскохозяйственного производителя до конечного потребителя. В ЕС систему НАССР применяют по всей пищевой цепочке от производства животноводческого сырья до конечного потребления, выражающейся в принципе «от стойла — к столу». К примеру, в США система НАССР используется в медицинской и косметической промышленности. Имеются данные успешного применения принципов НАССР в судостроении и даже при выполнении диссертационных работ [2].

Актуальность применения принципов НАССР в животноводстве подтверждается данными Всемирной организации здоровья животных, где отмечают, что в оценке риска производства небезопасной для здоровья человека продукции на долю продукции животного происхождения приходится около 90 % [4].

Основная часть. Целью исследований было определить эффективность применения процедур, основанных на принципах НАССР, в условиях комплексов по выращиванию и откорму бычков.

Материалом для исследований служили поставляемые для убоя бычки с комплексов по выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота «Восток» СПК «Сеньковщина» Слонимского района и «Казенные Лычицы» СПК «Щорсы» Новогрудского района, продукты убоя и ветеринарная документация. Источниками исходных данных служили журналы первичного ветеринарного учета, показатели государственной статистической отчетности формы 2-ветнадзор (Минсельхозпрод) «Отчет о ветеринарном надзоре в организациях, осуществляющих переработку мяса скота и птицы» (утверждена постановлением Министерства статистики и анализа Республики Беларусь 22.10.2007 № 336), бухгалтерская и финансовая отчетность, закупочные цены на мясо для поставщиков на 01.01.2016. Количество условно годного и утилизированного мяса определяли по результатам послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизы органов и туш, лабораторных исследований. Результаты, полученные в период применения НАССР, сравнивали с показателями, полученными за аналогичный период предыдущего года. Определяли упущенную выгоду для поставщика убойных бычков, связанную с утилизацией и обезвреживанием мяса.

В условиях комплекса по выращиванию и откорму бычков «Восток» СПК «Сеньковщина» в период с 01.01.2015 по 01.07.2015 использовали процедуры, основанные на принципах НАССР. В качестве этапов для реализации системы анализа опасностей и критических контрольных точек нами были определены две критические контрольные точки: № 1 — приемка бычков и № 2 — отправка бычков для убоя.

Из данных (таблица 1) видно, что в 1-м полугодии 2014 года для экстренного убоя было сдано 11 бычков (0,6 % от общего количества поступивших), в то время как в 1-м полугодии 2015 года для экстренного убоя поступило 7 бычков (0,4 % от общего количества животных, направленных на мясокомбинат), что в 1,5 раза меньше по сравнению с 1-м полугодием 2014 года.

Т а б л и ц а 1 — Показатели эффективности применения НАССР в СПК «Сеньковщина»

Показатель	Период	
	1-е полугодие 2014 года	1-е полугодие 2015 года (НАССР)
Поступило и осмотрено бычков, голов	1 870	1 745
Зарегистрировано больных незаразными болезнями, случаев	11	7
Направлено на санитарную бойню, голов	—	—
Поставлено на карантин, голов	—	—
Выявлено незаразных болезней при послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизе, случаев,		
в том числе органов дыхания, случаев	52 33	40 21
Направлено на утилизацию мяса, кг	222	186
Направлено на обезвреживание мяса, кг	200	146
Направлено на утилизацию субпродуктов, кг	163	122
Направлено на обезвреживание субпродуктов, кг	69	46

При проведении послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизы в 1-м полугодии 2014 года было выявлено 52 случая выявления незаразных болезней, что составило 2,8 % от общего количества поступивших для убоя бычков. За аналогичный период 2015 года было выявлено на 12 случаев меньше и составило 40 случаев, или 2,3 % от общего количества поступивших бычков. При этом в 1-м полугодии 2015 года поражений органов респираторного тракта было в 1,5 раза меньше, чем за аналогичный период 2014 года. В период применения системы НАССР было направлено на утилизацию мяса и субпродуктов на 16,2 % и на 25,1 % меньше, а на обезвреживание — на 27 % и 33,3 % меньше, чем в 1-м полугодии 2014 года.

На комплексе по выращиванию и откорму бычков «Казенные Лычицы» СПК «Щорсы» эффективность применения НАССР изучали в период с 01.04.2015 по 01.10.2015. Критическими контрольными точками определили: № 1 — приемка бычков; № 2 — содержание бычков и № 3 — отправка бычков для убоя.

Применение системы НАССР во 2—3 кварталах 2015 года по сравнению с аналогичным периодом 2014 года позволило в 3,5 раза снизить количество больных бычков, поступивших для экстренного убоя (таблица 2).

Т а б л и ц а 2 — Показатели эффективности применения НАССР в СПК «Щорсы»

Показатель	Период	
	2—3 квартал 2014 года	2—3 квартал 2015 года (НАССР)
Поступило и осмотрено бычков, голов	1 129	1 057
Зарегистрировано больных незаразными болезнями, случаев	35	10
Направлено на санитарную бойню, голов	3	—
Поставлено на карантин, голов	20	—
Выявлено незаразных болезней при послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизе, случаев, в том числе органов дыхания, случаев	77	48
	55	28
Направлено на утилизацию мяса, кг	387	211
Направлено на обезвреживание мяса, кг	345	192
Направлено на утилизацию субпродуктов, кг	342	179
Направлено на обезвреживание субпродуктов, кг	144	80

Во 2—3 кварталах 2014 года для экстренного убоя на ОАО «Слонимский мясокомбинат» поступило 35 бычков, что составило 3,1 % от общего количества поступивших животных, а во 2—3 кварталах 2015 года данный показатель составил 10 голов, или 0,9 %. Кроме того, в период использования системы НАССР не было отмечено случаев травмирования животных при транспортировке и последующего направления их для санитарного убоя, а также случаев постановки партии бычков на карантин по причине несоответствий в оформлении ветеринарных сопроводительных документов.

В 2014 году при проведении послеубойной ветеринарно-санитарной экспертизы было выявлено 77 случаев незаразных болезней, что составило 6,8 % от общего количества поступивших для убоя бычков. За аналогичный период 2015 года было выявлено на 29 случаев меньше (4,5 % бычков). При этом поражений органов дыхания за 6 месяцев 2014 года было выявлено 55 случаев (4,8 % бычков), в то время как в период применения системы НАССР было выявлено в 1,9 раз меньше, т. е. 28 случаев (2,6 % от общего количества поступивших бычков). Данный показатель позволяет утверждать о существенном снижении поступления для убоя бычков с патологией органов дыхания.

Во 2—3 кварталах 2015 года было направлено на утилизацию мяса и субпродуктов в 1,8 и 1,9 раза меньше, а на обезвреживание — в 1,7 и 1,8 раза меньше, чем во 2—3 кварталах 2014 года.

Целесообразность применения системы анализа опасностей и критических контрольных точек в условиях комплексов по выращиванию и откорму крупного рогатого скота подтверждается размером упущенной выгоды, допущенной сельскохозяйственными предприятиями в период ее неиспользования. В СПК «Сеньковщина» упущенная выгода, связанная с недополучением выручки от признанной небезопасной в ветеринарно-санитарном отношении говядины, составила 35 86 032 руб. В СПК «Щорсы» данный показатель составил 13 783 020 руб. (в ценах на 01.01.2016).

Заключение. Применение системы анализа опасностей и критических контрольных точек в условиях комплексов по выращиванию и откорму бычков способствовало повышению безопасности мяса и мясных продуктов за счет уменьшения поступления больных и травмированных убойных животных, снижения количества ветеринарных конфискатов, условно годного мяса и субпродуктов и в конечном итоге повышению экономической эффективности производства говядины.

Список цитируемых источников

1. Александровская, Л. Н. Эффективность ХАССП / Л. Н. Александровская, О. М. Розенталь, В. Н. Суряков // Методы оценки соответствия. — 2009. — № 7. — С. 26—28.
2. Гудзь, В. П. Интеграция процедур на принципах НАССР в животноводство (обзор) / В. П. Гудзь, В. Н. Белявский // Экология и живот. мир. — 2015. — № 1. — С. 47—52.
3. Мезенцев, С. В. ХАССП — «аксиома или теорема» для перерабатывающих предприятий / С. В. Мезенцев, А. В. Щербинин // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. — 2014. — № 9 (119). — С. 126—131.
4. Методические предложения по использованию системы ХАССП в сельскохозяйственном производстве / П. В. Расторгуев [и др.]. — Минск : Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2009. — 36 с.
5. Острецов, В. Н. Внедрение системы качества — основа устойчивости работы перерабатывающих предприятий / В. Н. Острецов, А. И. Гнездилова, О. В. Барашкова // Экон. и соц. перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2012. — № 3 (21). — С. 135—146.
6. Сокоуртова, С. С. Проблемы внедрения систем управления качеством продукции в отечественном животноводстве / С. С. Сокоуртова // Вестн. Северо-Вост. федер. ун-та им. М. К. Аммосова. — 2012. — Т. 9, № 1. — С. 90—94.

УДК 619:636.22/.28.053:615.37

В. П. Гудзь, кандидат ветеринарных наук

Открытое акционерное общество «Управляющая компания холдинга “Гродномясомолпром”», Гродно

СНИЖЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРЕССА У БЫЧКОВ В УСЛОВИЯХ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Введение. Мясная продуктивность во многом зависит от условий транспортировки скота, выгрузки, содержания на предубойной базе, методов подгонки к месту убоя, методов оглушения и т. д. Значительные психические и физические нагрузки, обусловленные воздействием предубойных стресс-факторов, вызывают развитие одного из самых тяжелых стрессовых состояний у животных. Перевозка убойных животных автомобильным транспортом на боенское предприятие может привести к потерям живой массы, достигающим от 2,3 до 13,9 % с развитием изменений в организме, характерных для обезвоживания. В период предубойного содержания потери живой массы возрастают и в течение двух суток могут увеличиться еще на 2—7 % [2; 3].

Убой утомленных животных, находящихся в состоянии стресса, приводит к появлению в мясе признаков DFD (dark — темное, firm — плотное, dry — сухое). Повышенная концентрация адреналина активизирует фосфорилазу, что приводит к усиленному распаду АТФ до инозина и вызывает ускоренный гликолиз. Если перед убоем резервы гликогена в организме были истощены, то образуется незначительное количество молочной кислоты и величина рН остается достаточно высокой, мясо приобретает свойства DFD. Одновременно происходит накопление в тканях гидроперекисей, ненасыщенных альдегидов, малонового диальдегида и других токсических агентов, которые нарушают процесс гликолиза и ингибируют послеубойные ферментативные процессы. По отдельным регионам России количество говядины DFD составляет 28—35 %, а в странах Европы, США, Канаде и Австралии этот показатель достигает 50 % [1; 7; 8].

В условиях, когда стресс сопровождается потерей организмом энергии, жидкости и электролитов, оптимальным решением может стать применение регидратационных растворов. Обычная вода не способна быстро и полноценно восстановить пошатнувшееся равновесие в водно-электролитном балансе. Сегодня существует множество солевых растворов, позволяющих не только стабилизировать гемодинамику, но и устранить интерстициальную и внутриклеточную дегидратацию, поддержать энергетический баланс в организме. Пероральные регидратационные растворы могут эффективно применяться как до воздействия нагрузок, так и при незначительной гиповолемии. Имеются данные, что при повышенных физических нагрузках и высокой температуре воздуха более эффективна пероральная регидратация растворами с пониженной осмолярностью, обладающих к тому же и более приемлемыми вкусовыми свойствами [4—6].

Основная часть. Целью исследований было определить влияние перорального применения глюкозо-электролитного раствора бычкам в период их предубойного содержания на основные физиологические показатели и мясную продуктивность.

Работа была выполнена в ОАО «Слонимский мясокомбинат» Слонимского района Гродненской области. Исследования проводили на 10 бычках черно-пестрой породы 16—17-месячного возраста, из которых по принципу условных аналогов были сформированы две группы — контрольная и опытная (по 5 голов в каждой). Бычкам контрольной группы за 7—8 ч до убоя в поилку наливали питьевую воду из расчета 20 литров на животное. Бычкам опытной группы за 7—8 ч до убоя в поилку наливали глюкозо-электролитный раствор из расчета 20 л раствора на животное, состоящий из глюкозы безводной (2 000,0 г), калия хлорида (150 г), натрия хлорида (250 г), бикарбоната натрия (250 г), воды (до 100 000 мл).

За 3 ч до убоя определяли количество выпитой жидкости в каждой группе. Физиологическое состояние подопытных бычков определяли путем измерения температуры тела, частоты пульса и дыхания перед постановкой в бокс для оглушения. Определяли живую массу после транспортировки, предубойную живую массу,

потери в период предубойного содержания, массу парной туши, выход туши, массу охлажденной туши, количество конфискатов. Через 24 ч после убоя в мясе определяли концентрацию свободных водородных ионов (рН) потенциометрическим методом.

За 3 ч до убоя бычков было установлено, что в контроле было выпито 92 л воды, а в опытной группе — 75 л глюкозо-электролитного раствора. На наш взгляд, это связано с меньшей потребностью в жидкости за счет лучшего всасывания регидратационного раствора из полости кишечника и более быстрого восстановления водно-солевого баланса организма.

По данным таблицы 1 видно, что перед постановкой в бокс для оглушения температура тела подопытных бычков находилась в пределах нормы и не имела существенных различий между группами.

Т а б л и ц а 1 — Клинические показатели бычков ($n = 5$)

Группа	Показатель		
	Температура, °С	Пulsь, в мин	Дыхание, в мин
Контрольная	39,08 ± 0,11	82,60 ± 1,63	31,60 ± 1,77
Опытная	39,00 ± 0,17	77,40 ± 1,24*	28,20 ± 1,35

Примечание. * — $p < 0,05$.

Частота дыхания в опытной группе была на 10,8 % ниже, чем в контроле, а частота пульса у бычков опытной группы была ниже на 6,3 % ($p < 0,05$) по сравнению с бычками контрольной группы.

Анализ убойных качеств подопытных бычков (таблица 2) показал, что потери живой массы в период содержания на предубойной базе у животных опытной группы составили 7,60 кг, что на 25,49 % ($p < 0,01$) ниже, чем в контрольной группе, которой для поения в период предубойного содержания использовали питьевую воду. Масса парной туши, полученной от убоя бычков опытной группы, была достоверно выше на 2,1 кг ($p < 0,05$), чем в контроле. Масса охлажденной туши в опытной группе составила 244,50 кг, что на 2,3 кг ($p < 0,05$) выше, чем в контрольной группе.

Т а б л и ц а 2 — Убойные качества бычков ($n = 5$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
Живая масса после транспортировки, кг	455,80 ± 1,46	451,80 ± 1,82
Предубойная масса, кг	445,60 ± 1,36	444,20 ± 1,46
Потери в период содержания на предубойной базе, кг	10,20 ± 0,58	7,60 ± 0,50**
Потери в период содержания на предубойной базе, %	2,23	1,68
Масса парной туши, кг	245,60 ± 0,67	247,70 ± 0,60*
Выход туши, %	55,11	55,76
Масса охлажденной туши, кг	242,20 ± 0,73	244,50 ± 0,54*
Конфискаты, кг	2,73 ± 0,22	2,35 ± 0,31

Примечание. 1. * — $p < 0,05$.
2. ** — $p < 0,01$.

Результаты, указанные в таблице 2, позволяют с большой уверенностью полагать, что применение глюкозо-электролитного раствора позволяет снизить потери живой массы и массы туши за счет оптимальной резорбции его из желудочно-кишечного тракта, восстановления водно-солевого баланса клеток и тканей организма.

Из данных физико-химических исследований следует (таблица 3), что концентрация водородных ионов в мясе, полученном от бычков контрольной и опытной групп, находилась в допустимых пределах для охлажденного мяса. Показатель рН мяса в опытной группе бычков составил 5,96 и был на 3,93 % ($p < 0,02$) ниже, чем в контрольной группе. Реакция с раствором сернистой меди в обеих группах была отрицательной.

Т а б л и ц а 3 — Физико-химические показатели мяса бычков ($n = 5$)

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная
рН	6,20 ± 0,05	5,96 ± 0,06*
Реакция с сернистой медью	—	—

Примечание. 1. * — $p < 0,02$.
2. «—» — реакция отрицательная.

Полученные результаты показывают, что энергетическое и детоксикационное действие глюкозо-электролитного раствора способствовало оптимальному протеканию процесса гликолиза и, как следствие, образованию большего количества молочной кислоты в мясе, полученном от убоя бычков опытной группы.

Заключение. Пероральная регидратация организма убойных бычков глюкозо-электролитным раствором в период предубойного содержания на мясоперерабатывающем предприятии позволяет снизить клиническое проявление стресс-реакции за счет положительного влияния на работу сердечно-сосудистой системы животных, минимизировать потери живой массы и мяса на кости, предупредить повышение концентрации водородных ионов в мясе.

Список цитируемых источников

1. Воронов, Д. В. Стресс, его сущность и значение / Д.В. Воронов // V Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов : тез. докл. / ГрГАУ. — Гродно, 2004. — С. 166—168.
2. Повышение устойчивости бычков и бычков-кастратов к предубойным стрессам — резерв производства говядины / В. О. Ляпина [и др.] // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. — 2007. — № 3 (15). — С. 138—141.
3. Профилактика транспортного стресса лошадей / А. В. Деева [и др.] // Ветеринария с.-х животных. — 2007. — № 8. — С. 24—26.
4. Регидратационные напитки в системе коррекции функционального состояния организма спортсменов / Г. А. Макарова [и др.] // Теория и практика физ. культуры. — 1999. — № 3. — С. 28—29.
5. Румянцев, В. Г. Пероральная регидратация в профилактике и лечении водно-электролитных расстройств / В. Г. Румянцев // Фарматека. — 2007. — № 20. — С. 53—58.
6. Свиридов, С. В. Возможности пероральной регидратации при волемических расстройствах / С. В. Свиридов, А. В. Бутров // Рус. мед. журн. — 2008. — № 6. — С. 427—429.
7. Хасанбеков, И. И. Физико-химические и микробиологические показатели мяса при лейкозе / И. И. Хасанбеков, Р. М. Глимзянов, А. М. Галиуллина // Ветеринария. — 2013. — № 1. — С. 42—43.
8. Шипулин, В. И. Качество мясного сырья и проблемы его переработки / В. И. Шипулин // Вестн. Сев.-КавГТУ. — 2006. — № 1 (5). — С. 58—61.

УДК 636.082.453.5

В. Н. Гутман, кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОРМЛЕНИЯ СВИНЕЙ

Введение. В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по повышению технического уровня систем приготовления и раздачи кормов свиньям. Работы проводились в двух направлениях: повышение технического уровня технологического оборудования и систем автоматизированного управления технологическим процессом.

Основная часть. По первому направлению созданы новые типы смесителей модульного типа, диспергатор, кормовой насос, питатель влажного зерна кукурузы. Это оборудование разработано с тем условием, чтобы можно было приблизить его режим работы к автоматическому процессу управления [1]. При этом обеспечивается многократное дозированное кормление откормочного поголовья свиней, что снижает металлоемкость оборудования и энергоемкость процесса приготовления и раздачи кормосмеси в 2—3 раза (рисунок 1).



Рисунок 1 — Адаптивная система автоматического кормления свиней

Автоматизированная система управления базируется на программируемых логических контроллерах с разработанной собственно программой кормления по кривым роста свиней. Программа обеспечивает функции наблюдения за протеканием процесса перемешивания и дозированной раздачи корма через электропневмоклапаны по системе визуализации, а также комплекс других функций вплоть до анализа всего процесса кормления (расход корма, конверсия корма, корректировка доз кормления и т. п.). Система обеспечивает удаленный доступ по контролю за протеканием процесса, возможность установления причин отказа оборудования. Это позволяет обеспечивать кормление 7,2 тыс. свиней одному оператору в основном с функциями наблюдения и контроля за процессом.

В развитие данного направления разработан комплект оборудования для многократного кормления свиней по кривым роста с использованием в качестве базовой машины модульного смесителя в комплекте с оборудованием КОМК (рисунок 2).

Исследования процессов приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы в рамках выполнения программы союзного государства «Комбикорм» в 2012 году позволили проанализировать и выбрать приемлемые варианты приготовления, сформировать технологический регламент с рецептами использования кормовой добавки из влажного плющеного зерна кукурузы в рационе с адаптивным кормлением свиней.

Создан отечественный комплект оборудования нового поколения, обеспечивающий полную механизацию и автоматизацию процесса приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы КОДК (рисунок 3). Ключевым процессом в приготовлении кормовой добавки является диспергирование влажного зерна кукурузы.

С учетом особенностей пищеварения свиней влажное плющеное консервированное зерно в большей степени отвечает их физиологическим потребностям, чем измельченное. Оно не расплывается, не затрудняет дыхания свиней, прекрасно поедается и переваривается. Технология заготовки влажного кормового зерна кукурузы плющением сегодня — одна из самых экономичных и продуктивных. Благодаря принципиально новому процессу заготовки и приготовления кормовой добавки за счет исключения сушки кукурузы, затраты на получение кормовой добавки снижаются на 30—40 %, а продуктивность свиней увеличивается на 7—10 %.

Разработка комплекта оборудования для приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы КОДК позволяет повысить продуктивность животных на 7—10 % и снизить удельные расходы на корма на 10—15 %.



Рисунок 2 — Комплект оборудования КОМК с модульным смесителем



Рисунок 3 — Комплект оборудования для приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы КОДК

При откорме свиней от 40 до 110 кг фактически ежесуточный прирост живой массы откармливаемого молодняка свиней составил более 750 г, расход кормов на получение 1 кг прироста — 3,8 к. ед. [2].

В рамках выполнения программы «Комбикорм» вписано в проекты и поставлено на свинокомплексы четыре комплекта оборудования КОДК.

Все оборудование было разработано на основании научных исследований технологических процессов интенсивного свиноводства, учета необходимых свойств материалов, а также условий работы механизмов и программного обеспечения на свиноводческих предприятиях. Представленное оборудование позволило реконструированным свиноводческим предприятиям снизить негативное воздействие производственной деятельности свинокомплексов на окружающую среду за счет разработки автоматизированных систем кормления жидкими кормами с использованием кривых роста свиней, исключающих перерасход корма, его попадание в навоз, а в дальнейшем — в окружающую среду.

В 2012 году впервые в Республике Беларусь был оснащен под ключ свинокомплекс на 24 тыс. голов свиней в год наукоемким комплектным импортзамещающим оборудованием нового поколения для приготовления и раздачи жидких кормов.

Заключение. Научно-технический уровень разработок с использованием ИТ-технологий позволяет адаптировать кормление свиней к их физиологическим потребностям и позволяет конкурировать с производителями аналогичной техники зарубежных фирм.

Список цитируемых источников

1. Перспективный инновационный наукоемкий комплекс оборудования для оснащения свинокомплексов / С. Г. Яковчик [и др.] // Вестн. ВНИИМЖ. — 2017. — № 1 (25). — С. 101—103.

2. Результаты разработки комплекта оборудования для приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы / В. Н. Гутман [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. — Минск : НППЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва, 2014. — Т. 3 — С. 53—64.

УДК 631.316

И. М. Дыдышко, А. Н. Новик

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН В СОШНИКАХ НА ПРИМЕРЕ МОДЕРНИЗАЦИИ САЖАЛКИ КСМ-4

Введение. Картофель является культурой интенсивного типа. Его возделывание связано с большими затратами труда и средств, поэтому экономическая эффективность картофелеводства в значительной степени определяется возможностью применения современных промышленных технологий, обеспечивающих высокий уровень механизации возделывания и уборки, использование высокопродуктивных районированных сортов.

Переход на новую технологию для предприятия является процессом болезненным, требует определенных денежных затрат, повышения квалификации работников. Но, как показывает опыт предприятий, все эти затраты окупаются в течение короткого срока.

Основная часть. В классических технологиях возделывания картофеля отсутствует одна из операций — протравливание клубней в сошниках картофелесажалки.

Протравливание — обязательный технологический прием, предусматривающий обработку посевного и посадочного материала препаратами, уничтожающими возбудителей болезней и вредителей растений, а также предупреждающими появление и распространение ряда заболеваний растений в период их роста и развития [1].

Картофелю причиняют большой вред десятки грибных, бактериальных, вирусных и микроплазменных болезней, а также почвообитающие вредители. В целях обеззараживания клубней от возбудителей ризоктониоза, парши обыкновенной, фитофтороза, бактериальных и других заболеваний проводят протравливание. Протравливание является важнейшим профилактическим мероприятием и против рака при заводе семенного материала из других мест [1]. Запрещается протравливать семенной материал с проросшими глазками.

При протравливании клубней необходимо соблюдать следующие требования: полное и равномерное покрытие клубней протравителями; соблюдение заданной нормы расходов пестицидов и рабочей жидкости в зависимости от применяемого приспособления и препарата; предупреждение травмирования клубней в процессе протравливания.

Для усиления действия протравителей в рабочую жидкость фунгицидов добавляют микроэлементы: 0,02 % медного купороса; 0,05 % борной кислоты и 2 % вытяжки суперфосфата. Норма расхода жидкости — от 5 до 70 литров на тонну клубней [1].

Повреждение клубней при протравливании не должно превышать 1 %. К повреждениям относятся: сдир кожуры 0,25—0,5 % поверхности, вырывы мякоти глубиной более 2 см, порезы клубней.

Протравливание семенного картофеля осуществляется на картофелесажалках при посадке с помощью специальных приспособлений, а в стационарных условиях — на механизированных картофелесортировальных пунктах, передвижных установках [2].

Качество протравливания клубней, характеризуемое отношением поверхности клубней, обработанной препаратами, к общей поверхности клубней, должно составлять не менее 80—90 %. Необработанных клубней должно быть не более 5 % [3].

Затраты на протравливание окупаются при использовании полной нормы препарата. При обработке клубней на стационаре расход рабочей жидкости сокращается.

Протравливатель клубней ПКМ-15 обрабатывает семенной картофель защитными и защитно-стимулирующими веществами перед посадкой или закладкой на хранение. Он может встраиваться в любые технологические линии обработки картофеля. Протравливатель обеспечивает практически стопроцентное покрытие клубней защитными веществами [4].

Протравитель для обеззараживания клубней картофеля «Гуматокс-С» предназначен для борьбы с болезнями на поверхности клубней семенного картофеля. Машина имеет вид агрегата, который передвигается в пределах площадки для протравливания клубней [5].

Анализ предлагаемых промышленностью технических средств для протравливания семенного картофеля показывает, что в условиях предприятий нецелесообразно проводить закупку отдельного протравливателя, а достаточно модернизировать приобретаемые картофельные сажалки КСМ-4.

Для этого предлагается установка подрамника 1, кронштейна распределителя 2, стремянки коллектора 3, резервуара с гидромешалкой 5, фильтр 4, регулятор-распределитель, крепление резервуара 6, распылителя 7 (рисунок 1). На тракторе будет дополнительно установлен гидронасос с защитным кожухом.

Следует отметить, что в качестве базовых элементов и деталей (см. рисунок 1) — стандартное оборудование от опрыскивателя Мекосан 2000-12. Кронштейн для гидронасоса необходимо выполнить легкоъемным, что позволяет в случае поломки трактора быстро агрегатировать сажалку с другим трактором.

Из ёмкости рабочая жидкость поступает в фильтр, очищается и поступает в насос. Предполагается использовать насос мембранного типа фирмы HARDI, используемый на опрыскивателе Мекосан 2000-12. От насоса раствор жидкости поступает на пульт управления рабочей жидкостью, который снабжен редукционно-предохранительным, дроссельным и отсечным клапаном. Пульт управления снабжен одним подводящим, двумя отводящими патрубками к штангам и еще одним отводящим для гидромешалки, а также штуцером для присоединения манометра.

Всё оборудование соединяется между собой рукавами ПВХ и плотно обжимается хомутами. Для защиты вращающихся частей привода гидронасоса изготовлен защитный кожух из листовой стали толщиной 2 мм. Кожух изготавливается на базе штатной защиты вала отбора мощности трактора, только имеет большую длину и габариты. Резервуар рабочей жидкости имеет штатное крепление, на которое дополнительно монтируются кронштейны крепления регулятора-распределителя, фильтра. На раме картофельной сажалки дополнительно устанавливается платформа для крепления ёмкости с помощью электродуговой сварки, причем резервуар со стандартным креплением в случае необходимости будет демонтируемым.

Конструкция крепления коллекторов с распылителями предусматривает регулировку угла распыла факела вдоль оси движения агрегата. На два высаживающих аппарата предусмотрен один коллектор с двумя распыливающими головками и штуцером для присоединения рукава ПВХ напорной гидролинии, расположенного по центру коллектора. На рабочем месте оператора картофельной сажалки дополнительно устанавливают кнопку для подачи звукового сигнала механизатору, а также тревоги.

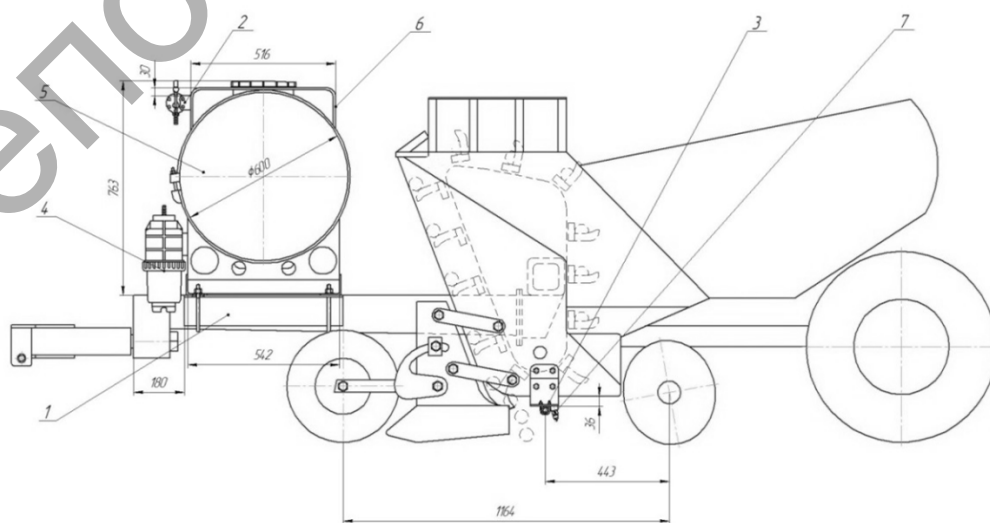


Рисунок 1 — Общий вид модернизированной картофельной сажалки КСМ-4

Заключение. Предложенная модернизация сажалки КСМ-4 позволит уменьшить количество технологических операций по опрыскиванию посевов и, соответственно, загрязнение почв пестицидами, что благоприятно отразится на окружающей среде. Основные показатели эффективности внедрения предложенной технологии повысят рост производительности труда с 2,6 до 2,7 га / человеко-часов. Срок окупаемости — 1 год.

Список цитируемых источников

1. Поздняков, Ю. В. Механизация защиты семенного материала от болезней и вредителей / Ю. В. Поздняков. — Екатеринбург : УрГСХА, 2003. — 147 с.
2. Постинков, Н. М. Картофелепосадочные машины / Н. М. Постинков, Е. А. Беляев. — 3-е изд., перераб. — М. : Машиностроение, 2001. — 229 с.
3. Соловьева, Н. Ф. Технологии и технические средства для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней / Н. Ф. Соловьева. — М. : ФГНУ Росинформагротех, 2001. — 60 с.
4. Машины для применения средств химизации в земледелии : конструкция, расчет, регулировки : учеб. пособие / Л. Я. Степук [и др.]. — Минск : Дикта, 2006. — 448 с.
5. Степук, Л. Я. Механизация процессов химизации в растениеводстве / Л. Я. Степук, И. В. Барановский. — Минск : БОИМ, 2003. — 242 с.

УДК 57.016.2:574.32/594.382.4

К. В. Земоглядчук, кандидат биологических наук
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СКОРОСТЬ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА *ARIANTA ARBUSTORUM* (*GASTROPODA; HELICIDAE*)

Введение. *Arianta arbustorum* (L.) — это моллюск среднего размера, распространённый главным образом на территории западной и центральной Европы. В настоящее время ареал этого вида активно расширяется. Присутствие *Arianta arbustorum* отмечено в таких городах Беларуси, как Борисов, Минск, Брест, Барановичи [1]. С большой долей вероятности можно также ожидать находок этого вида и в других городах. На территории городов популяции *Arianta arbustorum* отмечены главным образом на участках с древесной растительностью, таких как парки, лесонасаждения на окраине города и сады в частном секторе.

Высокая численность популяций этого вида и быстрое его распространение по территории Беларуси делают *Arianta arbustorum* потенциальным вредителем овощных культур. Чтобы иметь возможность прогнозировать процесс распространения *Arianta arbustorum* как потенциального вредителя, необходимо смоделировать процесс расселения особей данного вида.

Цель работы — установить скорость передвижения особей *Arianta arbustorum* как один из параметров для моделирования процесса расселения. Зная время, за которое происходят основные события в модели (в данном случае — это передвижение моллюсков), можно определять время других моделируемых событий. Такими событиями могут быть частота изменения погодных условий, время наступления катастрофических для популяции событий, например, выкоса травы, время наступления различных стадий жизненного цикла особи. Таким образом, представление о скорости передвижения особи позволит поместить все моделируемые события на ось времени.

Основная часть. Исследования проводились в лабораторных условиях в сентябре 2016 года. Было использовано 10 взрослых особей *Arianta arbustorum*, отловленных в городском парке.

Для измерения скорости передвижения 3—4 особи сначала окунались в воду комнатной температуры, а затем помещались на горизонтально или вертикально расположенную пластиковую поверхность. Положение поверхности и особи для текущего опыта выбирались в случайном порядке с помощью таблицы случайных чисел.

Перпендикулярно плоскости находилась камера, которая делала снимки ползущих моллюсков с интервалом 10 секунд. Для управления камерой использовалась программа Motion. На поверхности пластиковой плоскости находилась линейка, по которой при обработке снимков определялся масштаб. Опыт продолжался 1—5 минут. Полученные в результате опыта снимки совмещались, и на их основе составлялся трек передвижения моллюсков. На данном треке изменение положения моллюска отмечалось по изменению положения кончика задней части его ноги (рисунок 1).

Расстояние между отдельными точками на треке определялось с помощью двугубого циркуля.

Ariants nom
scale 10 mm
int 10 sec

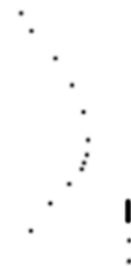


Рисунок 1 — Пример трека моллюска, ползущего в горизонтальной плоскости

Для каждого трека рассчитывались такие статистические показатели, как среднее и стандартное отклонения. По причине того, что часто моллюски перемещались не по прямой, нами определялась степень прямолинейности движения моллюска по формуле

$$\Pi = 1 - \frac{\sum_1^i (n_i + n_{i+1}) - X}{\sum_1^i (n_i + n_{i+1})},$$

где i — номер точки;

n — расстояние между двумя точками;

X — расстояние между первой и последней точками трека, измеренное по прямой.

Очевидно, что в случае, если моллюск движется не по прямой линии, числитель дроби окажется больше нуля, а сам показатель — меньше единицы.

Результаты измерения скорости передвижения *Arianta arbustorum* представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Характеристики перемещения особей *Arianta arbustorum* в горизонтальной и вертикальной плоскостях

Передвижение	Средняя скорость, см / ч	Среднее квадратичное отклонение	Степень прямолинейности, %	Среднее квадратичное отклонение
Горизонтальное	261	53,8	82	12
Вертикальное	239	64	95	8

Таким образом, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости моллюски передвигаются примерно с одинаковой скоростью, различия между средней скоростью при вертикальном и горизонтальном перемещениях статистически не достоверны: $p = 0,4$ при уровне значимости 0,05. Тем не менее скорость вертикального перемещения моллюска может отклоняться от средней скорости в большей степени. Возможно, причина этого состоит в том, что на перемещение против силы гравитации требуется больше усилий, следовательно, скорость, с которой моллюск ползёт вверх, будет в большей степени зависеть от его физиологического состояния.

Также при моделировании расселения особей *Arianta arbustorum* следует учесть, что из-за постоянной смены направления путь моллюска по прямой в горизонтальной плоскости будет в среднем на 14 % короче. В то же время треки моллюсков, ползущих в вертикальной плоскости, более прямые — степень их прямолинейности составляет в среднем всего 95 %.

Таким образом, зная среднюю скорость горизонтального перемещения особей *Arianta arbustorum* (261 см / ч), мы можем измерять скорости наступления других событий, прогнозируемых при моделировании расселения популяции.

Кроме того, зная, что наибольшее количество особей *Arianta arbustorum* наблюдается при температуре воздуха 6—12 °С [1], можно сделать прогноз о максимальном расстоянии, которое способен проползти моллюск за время активности. Так, в сентябре, в ясные дни без дождей благоприятная для активности *Arianta arbustorum* температура держится с 5 до 9 часов утра [2]. Следовательно, особи *Arianta arbustorum* могут оставаться активными в течение четырёх часов. Учитывая, что степень прямолинейности движения особей составляет 82 %, за эти четыре часа моллюски смогут проползти расстояние, примерно равное 853 см.

Заключение. Зная среднюю скорость (261 см / ч), можно уже сделать первые выводы о расселительном потенциале особей *Arianta arbustorum*. При условии, что моллюски будут сохранять примерно одно и то же направление движения, они могут относительно легко расселяться на участки с благоприятными условиями, удалённые от территории обитания популяции примерно на 8 метров.

Список цитируемых источников

1. Земоглядчук, К. В. Влияние температуры и относительной влажности воздуха на долю активных особей *Arianta arbustorum* (Gastropoda, Helicidae) / К. В. Земоглядчук // Вестн. БарГУ. — 2016. — № 4. — С. 35—41.
2. Климатические характеристики сентября / Pogoda.by [Электронный ресурс]. — 2017. — 12 сентября. — Режим доступа: <http://pogoda.by/press-release/?page=551>. — Дата доступа: 12.09.2017.

Д. С. Мороз, кандидат биологических наук, Е. А. Петровская, Д. Д. Саванчук
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ПРОРАСТАНИЕ ЯЧМЕНЯ *HORDEUM SATIVUM* JESSEN ПРИ ОБРАБОТКЕ МИКРОБНЫМ ПРЕПАРАТОМ «АГРОМИК»

Введение. Оптимальная температура прорастания ячменя составляет 20 °С, тогда как в естественных условиях обычно наблюдаются пониженные температуры, в том числе отрицательные. Воздействию низких температур и повышению холодоустойчивости злаковых культур посвящено много исследований [1; 2], что подтверждает актуальность исследований. Целью данной работы было изучить особенности прорастания ячменя в условиях пониженной температуры при обработке микробным препаратом «Агромик». Данный препарат разработан на основе микроорганизмов — ассоциативные азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии *Agrobacterium* sp.17, *Pseudomonas* sp.10 и арбускулярные микоризные грибы рода *Glomus* [3]. Данный препарат позволяет увеличить урожайность различных культур [3], снизить расход минеральных удобрений [4], а также имеет низкие нормы расхода и отличается экологичностью [3]. Помимо непосредственной стимуляции роста растений такие микробные препараты меняют почвенные ценозы, увеличивая долю свободноживущих азотфиксирующих бактерий. Последние, хотя и фиксируют меньше азота по сравнению с клубеньковыми, но имеют более широкий спектр симбиотических видов, в том числе и микоризные грибы [5]. Кроме того, симбиотические взаимоотношения с грибом позволяют улучшить водообмен растений [5; 6]. Мы предположили, что такая стимуляция может положительно сказаться на холодоустойчивости проростков ячменя.

Основная часть. Объектом исследования служил ячмень сорта Магутны. Семена обрабатывались препаратом «АгроМик» (1 л/т) и затем проращивались по стандартной методике [7] при температуре 20 °С и при температуре 4 °С. В качестве контроля служили необработанные семена ячменя, которые также выращивались при двух температурах. Для каждого варианта закладывалось по 20 семян на чашку Петри в 5 повторностях. Определялась всхожесть семян, энергия прорастания, а также длина корней и гипокотилия, их сырой и сухой вес. Все данные обрабатывались статистически при помощи пакета анализа Excel.

На рисунке 1 представлена динамика прорастания семян ячменя. Как видно из полученных данных, при пониженных температурах происходит задержка всхожести семян. Так, на 3-и сутки при температуре 20 °С энергия прорастания в контроле составила $83 \pm 4,6\%$ и $97 \pm 2,0\%$ для семян, обработанных препаратом «АгроМик», тогда как при пониженных температурах на 3-и сутки взойшло $31 \pm 0,9\%$ в обоих вариантах. К 7-м суткам различия между вариантами, выращенными при различных температурах, были статистически незначимыми, при этом обработка препаратом «АгроМик» увеличивает всхожесть семян на 10 % по сравнению с контролем при температуре 20 °С. При температуре 4 °С значения достоверно не отличались, однако обработка препаратом все же несколько увеличивала всхожесть. Зараженность семян во всех вариантах была слабая и составила менее 5 %. Таким образом, можно говорить о стимулирующем действии данного препарата на ранних стадиях развития, что повышает как энергию прорастания, так и общую всхожесть семян. Это, в свою очередь, является основой для более ранних и дружных всходов ячменя, что положительно сказывается на конечной урожайности.

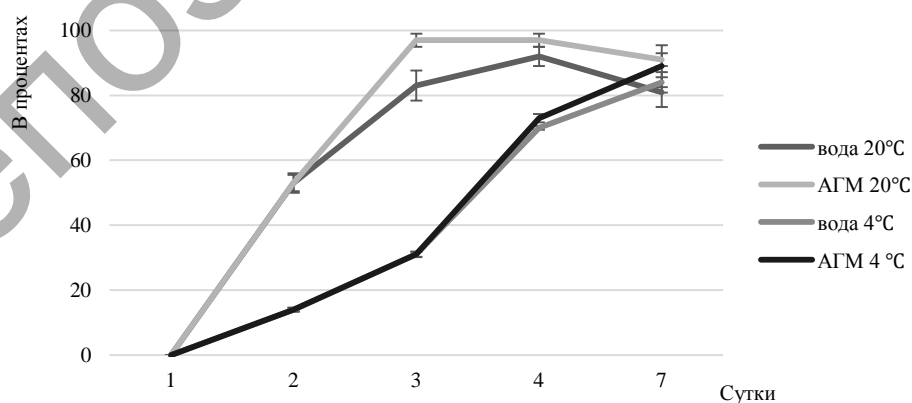


Рисунок 1 — Динамика всхожести семян ячменя при обработке биопрепаратом «АгроМик» при температурах 20 и 4 °С.

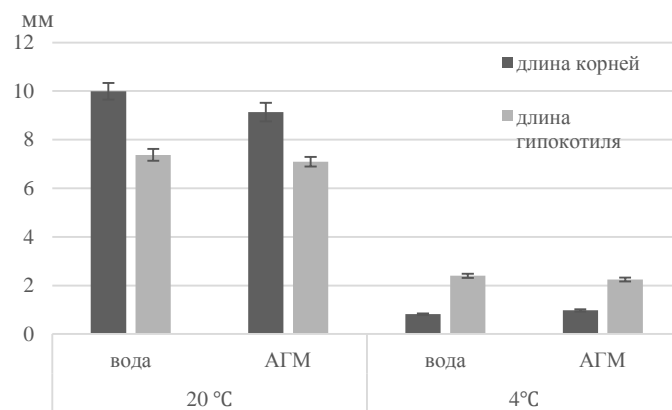


Рисунок 2 — Влияние обработки биопрепаратом «АгроМик» на длину корней и проростков ячменя

На 7-е сутки у растений измерялись длина корней и гипокотилей и их сырая и сухая масса. На рисунке 2 представлены данные по длине корней и гипокотилей проростков ячменя. Статистический анализ показал, что контрольный и опытный варианты по длине гипокотилей не различались между собой как при нормальной, так и при пониженной температуре, а вот длина корней при температуре 20 °С была несколько больше в контрольном варианте, а при пониженной температуре не отличалась. Следует отметить, что пониженные температуры в большей степени оказали воздействие на длину корней, которая составила только 8 и 10 % для контроля и варианта, обработанного препаратом «АгроМик», от соответствующих вариантов при температуре 20 °С, тогда как длина гипокотилия в обоих вариантах составила около 31,5 %.

Данные относительно сырой и сухой массы представлены в таблице 1. Наблюдаются те же тенденции, что и относительно линейных размеров корней и гипокотилей. При температуре 20 °С обработка препаратом «АгроМик» приводит к уменьшению как сырой, так и сухой биомассы корней, но не влияет на эти показатели для гипокотилей. При температуре 4 °С достоверных отличий не наблюдалось.

Т а б л и ц а 1 — Влияние обработки препаратом «АгроМик» на сырую и сухую массу семисуточных проростков ячменя при различных температурах

Показатель	Вода 20 °С	АГМ 20 °С	Вода 4 °С	АГМ 4 °С
Сырая масса корней, мг	1,45 ± 0,095	1,26 ± 0,107	0,16 ± 0,014	0,14 ± 0,026
Сырая масса гипокотилей, мг	1,32 ± 0,099	1,46 ± 0,109	0,43 ± 0,045	0,46 ± 0,047
Общая сырая масса, мг	2,77 ± 0,099	2,72 ± 0,109	0,59 ± 0,045	0,59 ± 0,058
Сухая масса корней, мг	0,16 ± 0,035	0,13 ± 0,094	0,02 ± 0,003	0,01 ± 0,001
Сухая масса гипокотилей, мг	0,10 ± 0,005	0,13 ± 0,010	0,06 ± 0,006	0,06 ± 0,006
Общая сухая масса, мг	0,26 ± 0,009	0,26 ± 0,010	0,08 ± 0,006	0,07 ± 0,006

Заключение. При температуре 20 °С положительное воздействие биопрепарата «АгроМик» сказывается уже на ранних стадиях развития, что выражается в повышении энергии прорастания и всхожести семян. Кроме того, анализ морфометрических показателей позволил выявить снижение доли корневой части в общей биомассе проростков. Это свидетельствует о лучшей обеспеченности проростков влагой. Схожие тенденции наблюдаются и при температуре 4 °С, однако полученные различия в значениях недостоверны, что затрудняет оценку вклада препарата «АгроМик» в повышение устойчивости проростков ячменя к пониженным температурам. Дальнейшее изучение особенностей воздействия препарата на ранних стадиях развития позволит оптимизировать процесс обработки с учетом особенностей культуры.

Список цитируемых источников

1. Никитина, В. И. Определение холодо- и засухоустойчивости образцов яровой пшеницы, ячменя лабораторными методами / В. И. Никитина // Вестн. Ом. гос. аграр. ун-та. — 2017. — № 3 (27). — С. 19—25.
2. Повышение устойчивости к отрицательным и низким положительным температурам и засухоустойчивости растений зерновых культур после обработки их семян низкотемпературной плазмой / М. М. Васильев [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. — 2016. — № 2. — С. 26—33.
3. Алещенкова, З. М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений / З. М. Алещенкова // Наука и инновации. — 2015. — № 8 (150). — С. 66—67.

4. Белов, Д. А. Эффективность микробного препарата «АгроМик» в посевах ярового ячменя / Д. А. Белов // Экономика, технологии и право в современном мире : материалы Междунар. науч.-практ. конф. фак. экономики и права и инженер. фак., Барановичи, 20 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т; редкол.: А. В. Никишова (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : БарГУ, 2017. — С. 97—98.
5. Фатина, П. Н. Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве / П. Н. Фатина // Вестн. АГТУ. — 2007. — № 4. — С. 133—136.
6. Дятлова, К. Д. Микробные препараты в растениеводстве / К. Д. Дятлова // Соросов. образоват. журн. : биология. — 2001. — № 5. — С. 17—22.
7. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. — М. : Стандартинформ, 2011. — С. 36—64.

УДК 631.316

А. Н. Новик, И. М. Дыдышко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

РАЗРУШЕНИЕ ПОДПАХОТНОГО СЛОЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЕЙ

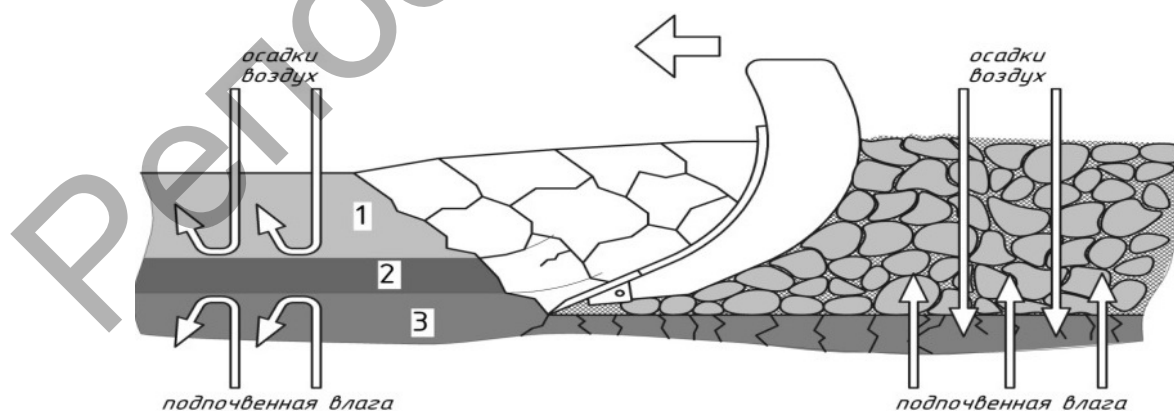
Введение. Главным направлением дальнейшего развития сельского хозяйства Республики Беларусь является интенсификация сельскохозяйственного производства за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур при сокращении материальных и трудовых затрат на единицу получаемой продукции путем применения прогрессивных приемов обработки почвы и возделывания сельскохозяйственных культур.

Основная часть. Плужная подошва является проблемой преимущественно техногенного характера и связана главным образом с влиянием сельхозтехники и транспортных средств. Так, ее формирование может происходить как при воздействии на почву непосредственно рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов, а так и вследствие систематического переуплотнения почвы движущимися системами машинно-тракторных агрегатов. Последние, имея массу 2—5 т (а уборочная техника с полной загрузкой — до 50—60 т), создают значительную нагрузку на почву в процессе движения при выполнении технологических операций. Это явление повторяется из года в год на 40—80 % площади поля, поэтому имеет накопительный характер, вызывая уплотнение почвы до глубины 80—100 см, а в отдельных случаях и больше. Существенно ускоряется этот процесс при нарушении требований по проведению полевых работ, когда техника заходит в поле при влажности почвы более 90 % полевой влагоемкости.

Глубокое рыхление представляется эффективным приемом в современной обработке почвы, который позволяет подготовить самые лучшие условия для развития корней и получения более высоких урожаев. Это хороший способ обработки в засушливых условиях, эрозийно опасных территориях (этим приемом заменяют вспашку). После такой обработки должна сохраниться стерня, которая будет закреплять почву [1].

Важно применять данную технологию правильно: проводится она осенью, в весеннее время она может привести к негативным последствиям. После проведенного осенью рыхления земля лучше будет впитывать влагу весной, а расхоловаться растениями она будет постепенно.

Даже при рыхлении почвы на глубину 0,3—0,4 м создаются благоприятные условия для нормального воздушно-водного режима (если вегетация происходит в засушливое время, корни культуры смогут проникнуть дальше и насытиться влагой из более глубоких слоев почвы, если же влаги будет много, ее излишки в верхних слоях земли впитаются более глубокими).



1 — возделываемый слой; 2 — плужная подошва; 3 — нижние слои почвы

Рисунок 1 — Схема разрушения плужной подошвы

Обработка глубокихрыхлительной техникой гарантирует разрушение возникшего за предыдущие годы плужного уплотнения, чтобы сохранить влагу в почве (рисунок 1). Согласно толковому справочнику, плужная подошва — это уплотненный слой под пахотным слоем почвы, который образуется в результате давления плоскости плужных агрегатов на почву при вспашке постоянно на одну глубину [2].

Заключение. Для разуплотнения переуплотненных пахотных и подпахотных слоев почвы, а также для борьбы с водной эрозией на склоновых землях эффективно глубокое рыхление и щелвание с помощью глубокихрыхлителей.

Смена пахотных орудий на глубокихрыхлительные позволит повысить энергосбережение в хозяйствах за счет экономии горюче-смазочных материалов, а также бороться с водной и ветровой эрозией.

Список цитируемых источников

1. Михайлин, А. А. Разуплотнение подпахотного слоя почвы в зоне орошения глубокихрыхлителем чизельного типа : дис. ... канд. техн. наук / А. А. Михайлин. — Новочеркасск, 2003.
2. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. — М. : Колос, 2008. — 816 с. : ил.

УДК 636.087.72-73:636.22

И. В. Новожилова, кандидат сельскохозяйственных наук
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

«ПОЛИС» (ПОЛИСАХАРИДЫ ЖИДКИЕ) КАК ПОДКОРМКА-КОНЦЕНТРАТ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Введение. Повышение эффективности использования кормов сельскохозяйственными животными с последующим увеличением уровня и качества получаемой от них продукции является одной из важнейших проблем сельскохозяйственной биологической науки. Продуктивность жвачных животных в условиях соответствующего питания решающим образом зависит от реализации их потенциала продуктивности. Жвачные животные и молочные коровы в частности требуют адекватного количества клетчатки для адекватной руминации, стимулирования жевательной деятельности и переваривания целлюлозы, что обуславливает и нормальную жирность молока. Это поддерживается оптимальным уровнем рН рубцового содержимого, необходимого для жизнедеятельности целлюлозолитических микроорганизмов, что характеризуется высоким отношением ацетата к пропионату, необходимым для нормального липидного метаболизма у коров [1; 2].

При современных подходах к кормлению высокопродуктивных коров легкоусвояемые углеводы, в том числе глюкоза (глюкозный сироп), фруктоза, сахароза (свекловичная патока), а также крахмал, декстрины, продукты гидролиза крахмала, зерновых должны быть выведены из рациона коров, поскольку в их присутствии развивается ацидоз рубца [3; 4].

Для нормализации углеводного обмена и полноценного усвоения составляющих кормов в научно-производственной фирме «Элест» (Санкт-Петербург) разработан корм-комплекс «Полисахариды жидкие» для дополнительного кормления всех видов сельскохозяйственных животных. Корм представляет сиропобразную жидкость коричневого цвета и содержит подобранные в определённых соотношениях легкоусвояемые углеводы, пищевые волокна, а также полиненасыщенные жирные кислоты и фосфолипиды.

«Полисахариды жидкие» являются факторами роста для молочнокислых бацилл, стрептококков и бифидобактерий. В их присутствии, по некоторым данным, численность этих микроорганизмов возрастает в 5—10 раз. В свою очередь колонизация кишечника молочнокислыми микроорганизмами приводит к вытеснению ряда патогенных микроорганизмов, в том числе гнилостных. Таким образом достигается образование мощной иммунной системы, снижается выделение аммиака и, что немаловажно, эндогенных токсинов, образующихся в кишечнике патогенными микроорганизмами [5].

Опыт применения комплекса «Полисахариды жидкие» в различных хозяйствах России показал их очевидную эффективность в отношении молочной продуктивности. Вместе с тем потенциальные возможности и многообразие эффектов от применения полисахаридов в полной мере не осознаны. Далее мы приводим обоснование и необходимость получения всех возможных преимуществ применения этого комплекса в хозяйствах Республики Беларусь.

В связи с вышеизложенным необходимо изучить зарубежный опыт по применению корм-комплекса «Жидкие полисахариды» в целях проведения испытаний в условиях животноводческих хозяйств Республики Беларусь.

Основная часть. Согласно поставленной цели, в первую очередь необходимо провести изучение механизма действия и целесообразности использования для животных подкормки-концентрата «Полис» на основании ранее проведенных исследований за рубежом.

Получение дополнительного молока. Установлено, что увеличение надоев молока у коров в раздое находится в пределах от 3 до 6 л / гол. день, после раздоя на 4—7 мес. — от 2 до 5 л / гол. день, 7—9 мес. — 2—3 л / гол. день, 10—11 мес. — 1—2 л / гол. день.

Эффект увеличения молочной продуктивности становится заметен в раздое на 14—30 день, в других физиологических состояниях молочная продуктивность возрастает при увеличении длительности ввода полисахаридов в рацион коров.

Сокращение выбраковки. Послеотельная выбраковка коров при условии введения полисахаридов уже в сухостойном периоде сокращается на 5—10 %, что связано с улучшением состояния суставов, устранением гипокальцемии, гипогликемии, хронического кетоза и других осложнений. Ситуация улучшается в дальнейшем при постоянном режиме ввода полисахаридов.

Существенное снижение или даже исключение из рациона целого ряда дорогостоящих балансирующих добавок (патоки, рубцово-защищенного белка, защищенного метионина, дрожжей, пропиленгликоля, витаминно-минеральных добавок, комбикорма, жмыхов, шротов, зерновых, ферментов и др.).

Легкоусвояемые углеводы, в том числе глюкоза (глюкозный сироп), фруктоза, сахароза (свекловичная патока), а также крахмал, декстрины, продукты гидролиза крахмала, зерновых должны быть выведены из рациона коров, поскольку в их присутствии развивается ацидоз рубца [6], в этом случае эффект применения полисахаридов «Полис» может быть значительно снижен. Выведение из рациона упомянутых продуктов осуществляется до введения полисахаридов.

Использование рубцово-защищенного белка, если он применяется, должно быть прекращено через 14 дней после начала использования в рационе полисахаридов. Введение рубцово-защищенного белка предполагает недостаточность образования микробного белка в рубце коровы. При введении полисахаридов «Полис» существенно возрастает скорость синтеза и объем рубцовой биомассы, поэтому нет необходимости в каком-либо белковом субстрате для коров.

Если защищенный метионин используется в рационах коров, он должен быть исключен немедленно после начала использования полисахаридов. Метионин: аминокислота в рубцово-защищенной форме превращается в печени в пропионат, а затем в глюкозу (глюкогенный эффект) и, таким образом, увеличивает надой молока, устраняет отрицательный баланс энергии у коров в послеотельный период. Аналогичный эффект обеспечивают полисахариды «Полис» при значительно меньших затратах.

Эффект дрожжей объясняется созданием более глубокого анаэробно-бродячего процесса для молочнокислых стрептококков и лактобацилл и, соответственно, их более активным развитием и влиянием на процессы синтеза и использования молочной кислоты [7]. Основным эффектом полисахаридов состоит как раз в том, что они являются «незаменимыми» факторами роста для многих обитателей рубца, в том числе молочнокислых. Поэтому нет необходимости в использовании дрожжей.

Пропиленгликоль — известный и широко используемый «глюкопласт», т. е. продукт, обладающий способностью увеличивать концентрацию глюкозы в крови. Это происходит благодаря расщеплению пропиленгликоля в печени до пропионата с образованием глюкозы [8]. Однако есть и побочный эффект. Значительная часть пропиленгликоля окисляется бактериями рубца до молочной кислоты, что может при передозировке привести к ацидозу рубца, а далее — к возрастанию опасности попадания в мозг и гибели животных. Поэтому американские исследователи не рекомендуют вводить пропиленгликоль в корм, а использовать в виде “drench” (напиток) в принудительном варианте. Полисахариды содержат в своем составе субстанции, также способные снимать гипогликемию и поддерживать уровень глюкозы в крови при отсутствии побочных эффектов. Через 7—10 дней после начала использования полисахаридов пропиленгликоль выводят из состава рациона.

Полиненасыщенные жирные кислоты — продукты, выпускаемые несколькими компаниями в мире; направлены на повышение молочной продуктивности за счет повышения энергетики животных в раздое. Одновременно снижается жир в молоке, вероятно, в связи с избыточным образованием трансизомеров жирных кислот. Полисахариды «Полис» имеют другой механизм повышения молочной продуктивности, не связанный с образованием жира в молоке. В условиях введения полисахаридов достигается стабильное содержание жира в молоке. Поэтому упомянутые продукты на основе полиненасыщенных жирных кислот не должны использоваться.

Известно, что наряду с премиксом, вводимым в корм, практически одновременно коровам дают витаминно-минеральную подкормку (в количестве 100—200 г / гол. день), которая по составу повторяет премикс. Вариантов такого рода добавок значительное количество. Обосновывается это плохой биодоступностью микроэлементов. На самом деле проведенный баланс показывает, что в силосе, зерновых и жмыхах содержание микроэлементов удовлетворяет их потребности, за исключением кальция, йода и селена. С учетом введения в состав кормов премикса этот дефицит восполняется полностью. С другой стороны, полисахариды «Полис» усиливают процессы биодоступности в связи с улучшением структуры слизистой кишечника (по литературным данным). В частности, кальциевый обмен в присутствии полисахаридов увеличивается на 20 %. Что касается витаминной составляющей, представленной в основном А, Д₃, Е и присутствующей в премиксе корма, то эти витамины активно используются рубцовой флорой, и от того, что их содержание в корме будет усилено за счет МВД, для коровы мало что изменится [2]. Поэтому целесообразно не тратить деньги на введение МВД в корма, имеющие в своем составе премикс, а искать способы усиления биодоступности витаминов, микроэлементов и макроэлементов, в частности, применение растворимых в воде субстанций, использование хелатных и липосомальных форм, в том числе полисахаридов «Полис». При введении полисахаридов в рацион применение МВД должно быть прекращено.

Активный рост рубцовой микрофлоры, нормализация углеводного обмена, повышение детоксицирующей активности печени в присутствии полисахаридов «Полис» повышает иммунитет животных, увеличивает активность целлюлолитиков рубца, снимает депрессию собственных ферментов коровы. Это, в свою очередь, устраняет дефицит ферментов и необходимость их экзогенного применения (в том числе целлюлаз, ксилоназ, протеаз и др.). В этой связи введение в рацион иммуностимуляторов различной природы, ферментных препаратов в любом виде прекращается через три недели после начала использования полисахаридов «Полис».

Известно, что высокая молочная продуктивность коров в России достигается путем увеличения концентратов в рационе. Последствия для здоровья также очевидны: извращенный обмен у животных с перекосом на липогенез не изменить простым снижением рациона. Только создав регуляторным путем ситуацию, когда синтез жиров и их распад в организме контролируются, становится возможным снизить расход углеводов (крахмала) в рационе. Именно эта картина наблюдается при использовании полисахаридов. Эти субстанции тормозят липолиз в тканях с поддержанием уровня глюкозы в крови, усиливают синтез энергии, тормозят липогенез. В этих условиях нет необходимости «гнать» молоко за счет усиления крахмальной составляющей. Через месяц (30 дней) начинается планомерное снижение комбикорма (до 30 %), зерна (на 10—15 %). Следует также учитывать более высокую биодоступность компонентов корма за счет эффекта «обволакиваемости» полисахаридами и замедленного продвижения в системе «желудок—кишечник». Нет необходимости использовать повышенные количества белков в связи с их образованием в увеличенных объемах в рубце. При введении полисахаридов в течение 30 дней уровень белка для коровы снижается до 1,0—1,5 кг жмыха гол. / день, предпочтительно рапсового.

Заключение. Целесообразность применения подкормки-концентрата «Полис» очевидна: нетрудно предположить, что при применении дополнительного питания «Полис» (полисахариды жидкие) значительно улучшится состояние организма животных, белковый, жировой, углеводный обмен, что положительно отразится на экономической эффективности производства продукции. В связи с этим подкормка-концентрат «Полис» может быть рекомендована для внедрения в условиях хозяйств республики.

Список цитируемых источников

1. Корма и биологически активные вещества / Ю. А. Пономаренко [и др.]. — Минск : Беларус. навука, 2005. — 882 с.
2. Иммунокоррекция в клинической ветеринарной медицине / П. А. Красочко [и др.]; под ред. П. А. Красочко. — Минск : Техноперспектива, 2008. — 507 с.
3. Пономаренко, Ю. А. Корма, кормовые добавки и продукты питания : монография / Ю. А. Пономаренко. — Минск : Экоперспектива, 2010. — 735 с.
4. Пономаренко, Ю. А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания : монография / Ю. А. Пономаренко, В. И. Фисинин, И. А. Егоров. — Минск : Экоперспектива, 2012. — 864 с.
5. Бергнер, Х. Научные основы питания сельскохозяйственных животных / Х. Бергнер, А. Х. Кетц. — М. : Колос, 1973. — 597 с.
6. Хохрин, С. Н. Кормление сельскохозяйственных животных / С. Н. Хохрин. — М. : Колос, 2007. — 692 с.
7. Лушников, Н. А. Минеральные вещества и природные добавки в питании животных / Н. А. Лушников. — Курган : КГСХА, 2003. — 192 с.
8. Кормление сельскохозяйственных животных / Н. А. Шарейко [и др.]. — Витебск : ВГАВМ, 2005. — 250 с.