

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯНКИ КУПАЛЫ»

НАУКА – 2012

Сборник научных статей

Гродно
ГрГУ им. Я.Купалы
2012

УДК
ББК

Редакционная коллегия:

Г.М. Третьяков – председатель Совета молодых ученых ГрГУ им. Я. Купалы,
кандидат юридических наук (отв. ред.);

В.П. Тарантей – доктор педагогических наук, профессор;

Н.В. Сильченко – доктор юридических наук профессор;

В.А. Лиопо – доктор физико-математических наук, профессор;

В.А. Струк – доктор технических наук, профессор;

Н.В. Бурдь – доктор химических наук, доцент

Т.Г. Барановская – кандидат философских наук;

Е.О. Мочалова – кандидат филологических наук;

Д.В. Примшиц – кандидат экономических наук;

А.Н. Загидулин – кандидат исторических наук, доцент;

В.В. Карпинский – кандидат философских наук, доцент;

А.И. Шпаков – кандидат медицинских наук, доцент;

Л.М. Даукша – кандидат психологических наук, доцент;

Е.Н. Ливак – кандидат технических наук, доцент;

А.Р. Волик – кандидат технических наук, доцент;

С.В. Донских – кандидат культурологи, доцент;

А.В. Муха – полковник;

Рецензенты:

Хацкевич Г.А., доктор экономических наук, профессор;

Нечухрин А.Н., доктор исторических наук, профессор

Наука-2012 : сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.:
Г.М. Третьяков (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2012. – с.

В сборнике представлены научные статьи студентов и магистрантов Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, отражающие современное положение, проблемы и перспективы развития естественных и гуманитарных наук. Сборник адресуется студентам, магистрантам, аспирантам и преподавателям средних и высших учебных заведений, научным сотрудникам.

УДК
ББК

© Учреждение образования
«Гродненский государственный университет»
имени Янки Купалы, 2012

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 372.857

М. С. БЕЛОГОЛОВАЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОКАХ БИОЛОГИИ

Применение информационных компьютерных технологий на уроках биологии способствует созданию яркой мультисенсорной интерактивной среды обучения с почти неограниченными потенциальными возможностями, оказывающимися в распоряжении и учителя, и ученика. Компьютерные технологии позволяют организовать работу на уроке таким образом, чтобы не только насытить обучающихся большим количеством знаний, но и развить интеллектуальные, творческие способности учащихся, их умение самостоятельно приобретать новые знания, работать с различными источниками информации.

Отличительной чертой современной цивилизации является все возрастающая скорость количественных и качественных изменений. Поэтому в наши дни каждому – ребенку, подростку, взрослому – необходимо иметь хотя бы общее представление о технологиях, окружающих его в школе, дома, на улице.

Компьютерные технологии активно входят в нашу жизнь, а так же используются в сфере образования при организации и проведении уроков, кружков и факультативов, школьных конференций. Их применение дает возможность в большей степени использовать такие особенности личности ребенка, как естественный интерес и любопытство ко всему, что лежит вне и внутри их, потребность в общении и игре, стремлении к коллекционированию, порядку, способность создавать неожиданные и эстетически значимые произведения.

В последнее время педагоги отмечают снижение интереса учащихся к изучению естественнонаучных дисциплин. А ведь именно они дают знания о Земле как о природном теле, формируют правильное восприятие окружающего мира, играют значительную роль и в формировании личности в целом. Снижение интереса вызвано в первую очередь применением довольно старых наглядных материалов, однообразным использованием учебников, таблиц, схем. Одним из способов повышения интереса к дисциплинам естественнонаучного цикла, углубления знаний учеников по этим предметам является использование современных информационных технологий, в частности компьютерных, на различных стадиях учебного процесса.

Основная образовательная ценность информационных технологий заключается в том, что они позволяют создать неизмеримо более яркую мультисенсорную интерактивную среду обучения с почти неограниченными потенциальными возможностями, оказывающимися в распоряжении и учителя, и ученика.

В отличие от обычных технических средств обучения информационные технологии позволяют не только насытить обучающегося большим количеством знаний, но и развивать интеллектуальные, творческие способности учащихся, их умение самостоятельно приобретать новые знания, работать с различными источниками информации. Однако наиболее целесообразно использовать компьютерные технологии на уроках биологии не одноразово, фрагментарно, а систематически на различных этапах урока [1, с. 22 – 24].

На начальном этапе работы информационные технологии вводились на уроках формирования новых знаний, когда необходимо применять большое количество наглядного материала (с учетом возрастных особенностей учащихся), используя презентации. Надо отметить, что используемый учебник по биологии недостаточно снабжен иллюстрациями или они слишком мелкие и не очень понятные, поэтому, при составлении презентаций большее внимание уделялось иллюстративному материалу. Текстовая часть презентации представляет собой только основные мысли по теме или термины для обязательного запоминания [2, с. 44 – 46].

На уроках с использованием компьютерных технологий мы применяли такие формы работы, как составление структурно-логических схем, конструирование биологических объектов, создание презентаций, составление таблиц и другое. Например, при изучении темы «Цветок», школьникам была предложена игра «Биологический конструктор», которая позволяет учащимся не только установить соответствие между частями цветка и их биологическим значением, но и самостоятельно на компьютере собрать мужские и женские цветки, цветки с простым и двойным околоцветником.

Интересна и продуктивна работа по построению с использованием компьютерных технологий логико-смысловой модели «Строение пищеварительной системы». Заполнение каждой из осей координат способствует развитию общебиологического понятия о взаимосвязи строения и функций органов пищеварения, коммуникативных навыков учащихся, их познавательных интересов, интеллектуальных и исследовательских умений.

Выполнение тестовых заданий различной сложности, как при организации проверки домашнего материала, так и при закреплении материала позволяет учащимся проверить знания, оценить свою работу, формирует навыки самоконтроля и самодиагностики.

Используя компьютерные возможности, можно эффективно организовать самостоятельную работу с учебником. Например, при изучении темы «Состав, свойства и функции крови» учащимся предлагается заполнить таблицу «Сравнение строения, свойств и функций форменных элементов крови», используя прием «Линии сравнения». Макет таблицы с линиями сравнения представлен на слайде презентации. Ребята работают в группах, изучают и сравнивают форменные элементы крови, используя текст учебника и дополнительную информацию, представленную в презентации, заполняют таблицу. Закончив работу, сверяют свою таблицу с эталонной таблицей на слайде, осуществляя самоконтроль и самокоррекцию. Затем один ученик от группы дает характеристику какого-либо форменного элемента. Организованная таким образом работа по изучению нового

материала позволяет развивать у учащихся умение выделять главное, сравнивать, анализировать, работать с информацией.

Анализ усвоения учебного материала по разделу «Ботаника», показал, что хуже всего школьники усваивают жизненные циклы растений, плохо знают и узнают растения. Использование компьютерных технологий позволяет решить и эту проблему.

Так при изучении раздела «Многообразие растительного мира» мы используем программу, позволяющую дополнять и составлять жизненные циклы споровых и семенных растений. Школьники не только теоретически усваивают этапы жизненного цикла, но и зрительно воспринимают стадии развития, могут их сравнивать, выделять особенности строения, составлять правильную последовательность, что способствует лучшему пониманию и усвоению учебного материала.

При изучении соцветий, для формирования умений различать основные типы соцветий в природе, можно предложить задание «Образуй пару: растение-соцветие», смысл которого заключается в том, что учащиеся к изображенному на слайде соцветию подбирают соответствующие растения. Это задание активизирует мыслительную деятельность учащихся, позволяет еще раз вспомнить не только особенности строения соцветий, но и представителей растительного мира, для которых характерен тот или иной тип соцветия.

Очень интересны и эффективны презентации, дидактические игры при изучении биологического разнообразия растений и животных. Так, при изучении темы «Классы цветковых растений» была использована дидактическая игра «Узнай меня», суть которой заключается в том, что учащиеся по рисункам на слайде определяют, к какому семейству относятся растения и отмечают признаки семейств. Данная игра позволяет обобщить знания об особенностях строения и многообразии цветковых растений, выделить характерные признаки растений различных семейств.

В индивидуальном режиме с учащимися желающими углубленно изучать предмет проводилась работа и с другими типами компьютерных средств. Это электронные средства обучения, программы-тренажеры для подготовки к централизованному тестированию и экзамену по биологии, которые помимо результата дают объяснение и правильный ответ [3, с. 73 – 76].

Домашнее задание обычно ориентировано на 2 группы учащихся: слабые + средние и средние + сильные. Для школьников определен минимум, который обязательно должен быть выполнен, но, в то же время, остается пространство для инициативы. Учащиеся имеют возможность проявлять свои способности и составлять личные презентации. Это расширяет диапазон условий для креативной деятельности учащихся и психологического роста личности, развивая самостоятельность и повышая самооценку.

Широки возможности использования информационных компьютерных технологий и во внеклассной работе. Шоу-программа «Окружающий нас мир» для 9 классов способствует не только расширению представлений о системе «Человек – общество – природа», формированию знаний о необходимости соблюдения норм экологически безопасного поведения, представлений о перспективах развития атомной энергетики, выделению достоинств и недостатков ядерной энергетики, но и учит отстаивать свою точку зрения, дискутировать, способствует профессиональному самоопределению.

Внеклассное мероприятие «Поможем пернатому другу» для 6 – 7 классов позволяет расширить знания учащихся о птицах, их многообразии, значении в природе и практической роли в жизни человека, выделить меры по охране и защите пернатых друзей. Мероприятие способствует развитию памяти, внимания, активизации умственной деятельности при узнавании птиц по голосу, изображению, особенностям полета. Проведение недели экологии привлекает интерес к предмету. Это не просто мероприятия, рассчитанные на несколько дней, это увлекательный путь в страну знаний.

Участие в районных и областных конференциях научно-исследовательских работ школьников стимулирует у учащихся навыки самостоятельной исследовательской работы, способствует формированию бережного отношения к природе. Результаты выполненной работы лучше всего представлять и защищать с использованием компьютерных технологий, что дает возможность четко видеть цель, задачи, проблему, над которой работали, пути ее разрешения [4, с. 23 – 26].

Участие в слете юных экологов позволяет учащимся проявить не только свою эрудицию в области биологии и экологии, но и показать результаты практической заботы о братьях наших меньших, о сохранности природных богатств.

Вообще, мероприятия такого плана способствуют развитию экологического мышления и инициативы, формированию экологической культуры учащихся.

Систематическое применение на уроках биологии информационных технологий вызвало необходимость оценить их эффективность. Мы проанализировали, как изменилась успеваемость учащихся 9 класса до и после применения компьютерных технологий, на примере темы «Пищеварительная система». В 2011 – 2012 учебном году при изучении данной темы использовались различные формы применения компьютерных технологий. После изучения темы был проведен тематический контроль в тестовой форме. В качестве контроля взяли результаты аналогичного тематического контроля, который был проведен в 9 классе в 2010/2011 учебном году, обучение в котором осуществлялось с использованием традиционных методов.

Успеваемость учащихся в контрольном и экспериментальном классе примерно одинакова. Как видно из диаграммы на рисунке 1, средний балл за четверть в контрольном классе составляет 7,47, в экспериментальном – 7,53 балла.

Анализ результатов проведенного тематического контроля показал, что с работой лучше справились ученики экспериментального класса, тогда как результаты работы в контрольном классе даже ниже среднего балла (рисунок 1).

Как отмечают учащиеся, применение компьютерных технологий делает урок более наглядным, что способствует лучшему пониманию, а не заучиванию. Выполнение заданий на контрольно-коррекционном этапе, формирует умения применять полученные знания на практике.

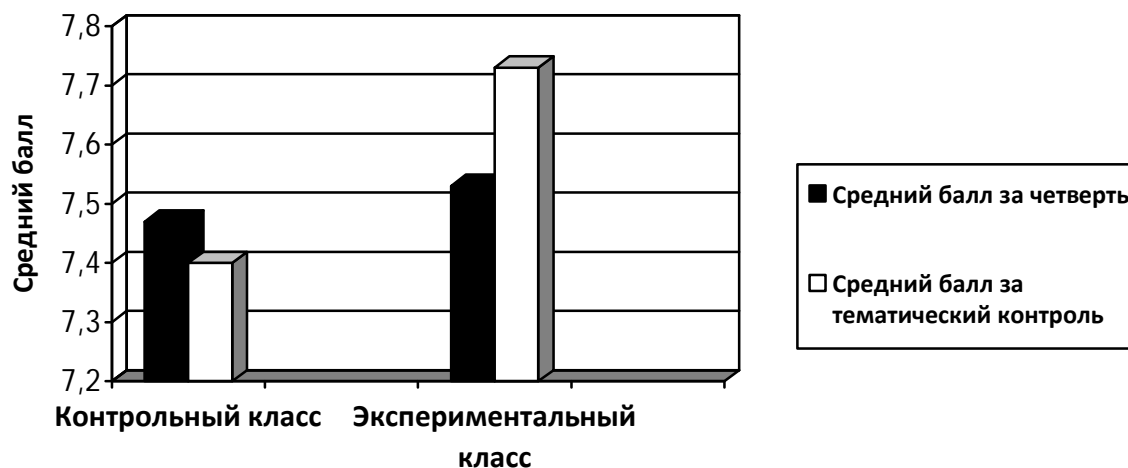


Рисунок 1 – Успеваемость учащихся по биологии и результаты тематического контроля

Таким образом, использование информационных компьютерных технологий на уроках биологии не только актуально, но и отвечает потребностям учеников, позволяет развивать познавательную активность и интерес у учащихся, создает условия для использования наиболее эффективных методов и форм обучения, реализации основных принципов целостного педагогического процесса и правил обучения (от простого к сложному, от близкого к далекому, от конкретного к абстрактному); экономии учебного времени, энергии учителя и учащихся; развития креативности детей через создание образовательных информационных продуктов. С помощью компьютерных технологий можно проводить теоретические уроки и практические занятия, организовать контроль знаний, формировать мышление и умение применять полученные знания в ходе решения различного рода задач, для работы с информацией, измерять уровень знаний, вести исследования, осуществлять самообразование. Однако следует отметить, что использование новых компьютерных технологий необходимо органично сочетать с традиционными методами: только комплексное использование различных средств обучения позволяет повысить эффективность учебно-воспитательного процесса и способствует выработке у учащихся навыков самостоятельной работы с информацией.

Список литературы

1. Бесева, С. Н. Информационные компьютерные технологии как средство реализации исследовательской деятельности старшеклассников / С. Н. Бесева // Биология: проблемы выкладки. – 2009. – № 3. – С. 22 – 24.
2. Булычева, М. А. Использование информационных и коммуникационных технологий на уроках биологии / М. А. Булычева // Биология «ПС». – 2008. – № 16. – С. 44 – 46.
3. Масленникова, О. В. Мультимедийные обучающие программы на уроках биологии / О. В. Масленникова // Информатика и образование. – 2008. – № 3. – С. 73 – 76.
4. Смирнов, В. А. Пути использования персонального компьютера / В. А. Смирнов // Биология в школе. – 1995. – № 6. – С. 23 – 26.

The appliance of IT technologies during biology lessons makes them more interesting, visual, dynamic, helps pupils to understand and remember the material better. IT technologies allow be more effective organizing lessons feedback, give more opportunities to form information using skills and to develop creative abilities of pupils.

Научный руководитель – **Л. В. Ковалевская**, старший преподаватель кафедры ботаники.

УДК 502.52(476.6)

П. С. БОЯРИН

ВЛИЯНИЕ СТОЧНЫХ ВОД НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ В РЕКЕ НЕМАН (в черте г. Гродно)

Представлена гидрохимическая характеристика воды реки Неман и рассмотрена ее динамика и особенности изменения под воздействием сточных вод. Рентгено-флуоресцентным методом определены концентрации некоторых химических элементов в донных отложениях в районе сброса сточных вод в реку Неман. Определены приоритетные загрязнители вод реки.

Введение. Одним из интенсивных источников органических и неорганических загрязнителей, которые оказывают прямое или опосредованное влияние на все компоненты водной экосистемы, являются сосредото-

ченные сбросы загрязненных сточных вод через канализационную систему, в результате чего в водоемах отмечается изменение химического состава вод и донных отложений [1]. Основными видами точечных источников поступления загрязняющих веществ в водные экосистемы являются коммунальные, промышленные и канализационно-ливневые стоки, которые могут либо очищаться на очистных сооружениях, либо непосредственно поступать в водоприемники [2]. Когда говорят о загрязнении сточными водами, обычно имеют в виду и коммунальные, и промышленные источники в совокупности, т.к., разделить эти стоки при общей канализационной системе не представляется возможным [3].

Большинство домашних хозяйств и промышленных предприятий г. Гродно подключены к городской канализационной системе. ГПО «Гродно Азот» имеет собственные очистные сооружения с выпуском очищенных сточных вод в реку Неман. Тридцать три предприятия города подключены к системе водоканала. Двадцать из них имеют локальные очистные для очистки стоков перед сбросом их в городскую канализацию. Семь предприятий не подключены к системе «Гродно-водоканала» и сбрасывают свои очищенные и неочищенные стоки в реку Неман [4].

В этой связи исследование экологического состояния реки Неман, куда осуществляется интенсивный сброс сточных вод, является необходимым условием для ее нормального функционирования.

Материалы и методы. При изучении воздействия сточных вод на р. Неман выбран участок р. Неман в районе сброса городских очистных сооружений (точки 1 и 2 – 500 м до и после сброса) и очистных сооружений ОАО «Гродно Азот» (точки 3 и 4 – 500 м до и после сброса).

Основными исследуемыми показателями в водах реки являются pH, хлориды, сульфаты, общая жесткость, азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Использовались стандартные потенциометрический, фотометрический и титриметрический методы анализа качества воды [5; 6]. Определение содержания химических элементов в поверхностном слое донных отложений проводилось с помощью рентгено-флуоресцентного метода анализа, позволяющего определять валовое содержание элементов в пробах донных осадков.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования гидрохимических показателей воды реки Неман представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные гидрохимические показатели качества воды в реке Неман в районе сброса городских очистных сооружений и очистных сооружений ГПО «Гродно Азот», мг/л

Показатель	ТОП	Осень 2010	Весна 2011	Лето 2011	ПДК _{в.р.}
Азот нитритный	1	0,017	0,016	0,010	0,024 мгN/л
	2	0,013	0,018	0,008	
	3	0,013	0,013	0,008	
	4	0,105	0,049	0,061	
Азот нитратный	1	0,29	0,56	0,18	9,03 мгN/л
	2	0,27	0,43	0,17	
	3	0,28	0,59	0,18	
	4	0,29	0,52	0,19	
Азот аммонийный	1	0,054	0,049	0,104	0,3 мгN/л
	2	0,028	0,041	0,083	
	3	0,031	0,045	0,079	
	4	0,040	0,068	0,049	
pH	1	8,26	7,75	8,45	6,5 – 8,5
	2	8,25	7,95	8,46	
	3	8,28	7,95	8,47	
	4	7,89	7,33	8,36	
Хлориды	1	20,80	24,40	23,51	300 мг/л
	2	20,90	18,70	24,10	
	3	18,90	18,70	24,69	
	4	83,40	41,90	64,34	
Сульфаты	1	42,02	65,90	25,79	100 мг/л
	2	27,80	63,40	23,70	
	3	24,96	68,40	20,80	
	4	76,96	84,76	37,44	
Общая жесткость	1	2,82	3,90	2,43	7,0 мг-экв/л
	2	2,74	4,23	2,33	
	3	2,68	4,26	2,30	
	4	2,98	4,53	2,90	
ПАВ	1	0,120	0,095	0,121	0,1 мг/л
	2	0,138	0,138	0,139	
	3	0,127	0,132	0,153	
	4	0,178	0,204	0,235	

Примечание: ТОП – точки отбора проб воды, ПДК_{в.р.} – предельно допустимая концентрация химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов.

Как видно из таблицы 1 превышения над ПДК (разработанных для водных объектов рыбохозяйственного водопользования) в водах реки Неман фиксировалось по ПАВ (во всех точках отбора проб) и азоту нитритному в четвертой точке отбора проб воды. Наибольшее количество поверхностно-активных веществ и азота нитритного (5 ПДК осенью 2010, 2 ПДК осенью 2011 и 3 ПДК летом 2011) наблюдалось в точке 4, что говорит о недостаточности очистки сточных вод по данным показателям городскими очистными сооружениями.

Содержание нитратного и аммонийного азота не превышает ПДК во всех точках отбора проб, и сточные воды очистных сооружений не повышают концентрацию этих ионов в р. Неман.

Активная реакция воды в реке Неман в районе сброса городских очистных сооружений и очистных сооружений ГПО «Гродно Азот» находится в диапазоне 7,33 – 8,28, т.е. вода слабощелочная. Сбросы городских очистных сооружений и очистных сооружений ГПО «Гродно Азот» незначительно влияют на активную реакцию воды.

Содержание основных анионов (SO_4^{2-} , Cl^-) в реке Неман в районе сброса городских очистных сооружений и очистных сооружений ГПО «Гродно Азот» не превышает предельно допустимых значений. Наибольшая концентрация хлорид- и сульфат-ионов наблюдается в ТОП 4, что говорит о попадании в р. Неман этих анионов со стоками городских очистных сооружений.

Общая жесткость воды в реке Неман в районе сброса городских очистных сооружений и очистных сооружений ГПО «Гродно Азот» колеблется в диапазоне 0,92 – 4,55 мг-экв/л, т.е. вода очень мягкая или средней жесткости. Наибольшее значение жесткости наблюдается в ТОП 4, что показывает, что со сточными водами городских очистных сооружений поступает определенного количества солей кальция и магния.

Для определения содержания загрязнителей отбирались пробы донных отложений, в которых рентгенофлуоресцентным методом определялась концентрация 32 химических элементов. Для многих элементов отмечена тенденция к увеличению концентраций в донных отложениях в точках отбора проб расположенных после стока вод с очистных сооружений. Явное увеличение концентрации отмечено для Fe, Ca, Ti, I, Pb, Rb, Sr, V, Mn, Cd, Cs, Y, Ni.

Таблица 2 – Концентрация элементов в пробе донных отложений в районе сброса сточных вод с городских очистных сооружений и очистных сооружений ГПО «Гродно Азот», мкг/г

Элемент	До очистных ГПО «Гродно Азот»	После очистных ГПО «Гродно Азот»	До городских очистных	После городских очистных
Fe	4789,37±105,66	6341,75±132,01	5826,27±128,48	10268,10±166,90
Ca	9088,77±506,94	12839,26±654,25	12614,12±658,45	14089,22±681,12
Ti	-	774,63±107,42	148,90±47,89	1531,35±150,08
I	18,92±8,56	67,42±17,60	186,42±29,77	22,02±9,96
Pb	1,48±0,80	3,22±1,28	3,44±1,36	7,48±1,94
Sr	56,09±4,05	67,89±4,83	66,34±4,86	87,65±5,46
V	25,72±14,33	9,80±0,80	62,52±24,41	149,70±37,04
Mn	41,66±10,21	62,36±13,57	57,47±13,22	139,99±20,23
Cd	9,29±1,55	11,10±1,84	18,53±2,48	6,28±1,32
Cs	-	89,80±23,10	103,26±25,13	138,4±728,53
Y	-	0,3711±0,335	3,28±1,03	2,80±0,93
Ni	-	11,4±93,57	35,63±6,41	25,27±5,28
Rb	20,78±2,51	22,68±2,84	36,95±3,69	36,29±3,57

Среди выявленных химических элементов, количество которых в донных отложениях возрастает в точках выпуска очищенных сточных вод, прежде всего интерес представляют металлы, которые широко и в значительных количествах используются в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. Известно, что в конечном итоге тяжелые металлы в водных экосистемах концентрируются в донных отложениях и в биоте [7]. Основным источником поступления тяжелых металлов в сточные воды являются промышленные стоки предприятий. В городскую канализацию могут попадать дренажные воды с большим количеством удобрений из теплиц Гродненской овощной фабрики (тяжелые металлы, такие как Pb, V, Cd, являются примесями в удобрениях, а в состав пестицидов входят Pb, Mn, Cd). Источниками тяжелых металлов в сточных водах могут быть предприятия УП «Торгмаш», ОАО «Белкард», ЧУП «Цветлит», ГРУПП «Радиоволна», ЧУП «Фильтр», САО «Дифа» [8].

Донные отложения в районе исследования характеризуются высоким содержанием железа, особенно возрастает концентрация после сброса сточных вод с городских очистных сооружений. Означенное повышенное содержание железа объясняется высоким естественным фоновым содержанием, ввиду особенностей геологиче-

ского строения в водосборе реки. Однако значительные количества железа могут поступать со сточными водами предприятий.

Количество кальция в донных отложениях возрастает и в районе сброса очищенных сточных вод ГПО «Гродно Азот» и особенно в районе сброса городских очистных сооружений. Главным источником поступления кальция в водные экосистемы являются процессы выветривания и растворения минералов. Однако большие количества кальция выносятся со сточными водами промышленных предприятий.

Заключение. Городские очистные сооружения малоэффективны для очистки воды от соединений азота (количество нитритного азота после выпуска сточных вод городских очистных сооружений значительно превышает ПДК). Река Неман характеризуется значительным загрязнением поверхностно-активными веществами (наблюдается превышение ПДК), а сточные воды ГПО «Гродно Азот» и сточные воды городских очистных сооружений увеличивают концентрацию ПАВ в речной воде. Имеется острый недостаток в данных об объеме и качестве промышленных стоков, особенно по тяжелым металлам. Общая эффективность очистных сооружений в отношении токсичных веществ (тяжелых металлов и т.п.) недостаточна, чтобы обеспечивать требуемое качество воды в реке.

Список литературы

1. Янушко, О. Ф. Прикладные проблемы изучения малых озер. Прикладные вопросы лимнологии Беларуси / О. Ф. Янушко. – Минск, 1992. – С. 11 – 17.
2. Хендерсон-Селес, Б. Умирающие озера / Б. Хендерсон-Селес, Ч. Х. Марклэнд. – Л.: Гидрометиздат., 1990. – 279 с.
3. Россоломо, Л. Л. Изменение лимнических систем под воздействием антропогенного фактора / Л. Л. Россоломо. – Минск: Наука, 1977. – 244 с.
4. Что такое качество воды, и каково оно в реке Неман [Электронный ресурс] / Н. Полуцкая – Режим доступа: <http://www.nemanenvironment.org>. – Дата доступа: 03.02.2012
5. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках: ГОСТ 17.13.07-82. – Введ. 01.09.04. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 56 с.
6. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие / А. И. Федорова, А. Н. Никольская; под ред. Ю. Г. Королева. – Москва: ВЛАДОС, 2003. – С. 233 – 234.
7. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов / В. Н. Майстренко, Р. З. Хаматов, Г. К. Будников – М.: Химия, 1996. – 319 с.
8. Мертвая вода [Электронный ресурс] / П. Журавлева – Режим доступа: <http://www.vgr.by/home/tema-nomera/5284-mertvaya-voda>. – Дата доступа: 03.02.2012

The hydrochemical characteristics of water of the river Neman is represented, its dynamics and peculiarities of its change under the influence of wastewaters is studied. Concentrations of some chemicals in the sediments near the spot of effluent discharges in the river Neman are determined by X-ray fluorescent method. The main pollutants of the river waters are identified.

Научный руководитель – **Е. А. Белова**, старший преподаватель кафедры экологии.

УДК 599.73

Т. В. ГАДЕЛЬШИНА

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КОПЫТНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ВОЛКОВЫССКОГО ОХОТХОЗЯЙСТВА «БООР»

На территории Волковысского охотхозяйства «БООР» обитает 3 вида копытных млекопитающих отряда *Artiodactyla* – кабан дикий, лось обыкновенный, косуля европейская. Проведение мониторинговых исследований в период с 2007 по 2012 гг. показало увеличение численности лоса, косули и уменьшение численности кабана дикого. Охотничьи угодья обхода № 3 Волковысского охотхозяйства «БООР» относительно перспективны для ведения хозяйства на косулю и кабана.

Современное охотничье хозяйство не может существовать без учета объектов, на которых оно строится. Поэтому учет дикого зверя является составной частью деятельности всех охотничьих хозяйств, надежной предпосылкой рационального использования и охраны животных. Учет предусматривает ежегодное выявление имеющихся запасов животных в угодьях и определение на этой основе допустимых норм изъятия их охотниками без ущерба воспроизводству [1]. Дикие копытные млекопитающие – наиболее ценные промысловые животные, которые использовались в прошлом и используются сейчас для получения ценной продукции и являются важными ресурсными видами [2].

Целью работы являлось изучение динамики численности копытных охотничье-промысловых млекопитающих на территории охотхозяйства «БООР» в Волковысском районе.

Исходя из цели определены следующие задачи: 1) выявить видовое разнообразие копытных млекопитающих Волковыского охотхозяйства «БООР»; 2) освоить методику зимнего маршрутного учета млекопитающих; 3) определить численность охотфауны методом зимнего маршрутного учета; 4) изучить динамику численности копытных млекопитающих исследованных угодий за последние шесть лет.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на территории Волковыского охотхозяйства «БООР» Росской охотдачи (Егерский обход № 3) в лесном массиве «Борщева» в 2011 и 2012 годах. Государственное лесохозяйственное Учреждение «Волковыский лесхоз» расположено в юго-западной части Гродненской области на территории Волковыского, Свислочского, Берестовицкого, Мостовского и Зельвенского административных районов. По лесорастительному районированию леса Волковыский лесхоз относится к подзоне елово-грабовых дубрав Неманско-Подлесского лесорастительного района. На территории лесхоза расположен биологический заказник республиканского значения «Замковый лес» на площади 3783 га [3]. Егерский обход № 3 (Росская охотдача) занимает северную часть хозяйства. Площадь охотничьих угодий – 17,1 тыс. га или 23,2 % от площади всех охотничьих угодий хозяйства, из них лесных – 3,6 тыс. га, полевых – 12,6 тыс. га и водно-болотных угодий – 0,9 тыс. га.

Объектами изучения являлись копытные млекопитающие Волковыского охотхозяйства БООР. Основные исследования проводили в зимний период маршрутным методом. Зимний маршрутный учет животных осуществляли два дня. Первый день (день затирки следов) – проходили по маршруту на лыжах (если позволяла глубина снега, то пешком) и затирали все пересекаемые следы охотничьих зверей. Тропы зверей засыпали снегом. Второй день (день учета следов) – проходили по маршруту, отмечали на карте все «свежие» суточные следы, пересекающие маршрут и виды зверей, оставившие данные следы.

Для анализа динамики численности копытных млекопитающих района исследования также были использованы данные учетов охотоведов за 2007-2010 гг.

Результаты и их обсуждение. Зимний маршрутный учет млекопитающих проводили в охотничьих угодьях обхода №3 на территории Волковыского охотхозяйства «БООР» в феврале 2011 и 2012 гг. Протяженность маршрута по лесным типам угодий составила 3,0 км, по полевым – 6,0 км. Нами было выявлено 3 вида копытных млекопитающих – лось обыкновенный, косуля европейская, кабан дикий. Результаты исследований по численности охотничьих животных с учетом пересчетных коэффициентов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Численность копытных млекопитающих на территории Волковыского охотхозяйства «БООР» в 2011 г. (зимний учет)

Вид	Общее число пересечений	Пересчетный коэффициент (К)	Показатель учета (Пу)	Показатель плотности (Пп), ос./1000 га	Площадь обитания, тыс. га	Общая численность (Пз)
Лось	3	0,46	0,81	0,37	9,7	3
Косуля	32	0,63	8,65	5,44	14,4	78
Кабан	53	0,35	14,32	5,0	14,2	71

По результатам проведенного учета, общая численность лося составила 3 особи, косули – 78 особей, кабана – 71 особь.

Аналогичные исследования по учету копытных млекопитающих проводили в феврале 2012 года (таблица 2).

Таблица 2 – Численность копытных млекопитающих на территории Волковыского охотхозяйства «БООР» в 2012 г. (зимний учет)

Вид	Общее число пересечений	Пересчетный коэффициент (К)	Показатель учета (Пу)	Показатель плотности (Пп), ос./1000 га	Площадь обитания, тыс. га	Общая численность (Пз)
Лось	4	0,46	1,08	0,49	9,7	5
Косуля	43	0,63	11,62	7,32	14,4	105
Кабан	50	0,35	13,51	4,72	14,2	67

По результатам проведенного учета, общая численность лося составила 5 особей, косули – 105 особей, кабана – 67 особей.

В настоящей работе для выявления динамики численности охотничьих млекопитающих исследованных угодий нами использовались данные по численности охотничьих млекопитающих за 2007 – 2010 гг., учетные охотоведами Волковыской РОС РГОО «БООР» и результаты проведенного нами исследования в 2011 и 2012 гг. Полученные материалы представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика численности некоторых видов охотничьих животных на территории Волковысского охотхозяйства «БООР» в 2007 – 2012 гг.

Вид	Численность особей					
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Лось	1	2	5	2	3	5
Косуля	78	93	103	129	78	105
Кабан	84	106	136	127	71	67

Таким образом, результаты исследований показали, что численность популяции лося увеличивается, но недостаточна для ведения лицензионного отстрела. В период 2007 – 2012 гг. численность лося возрасла в 5 раз (рисунок 1).

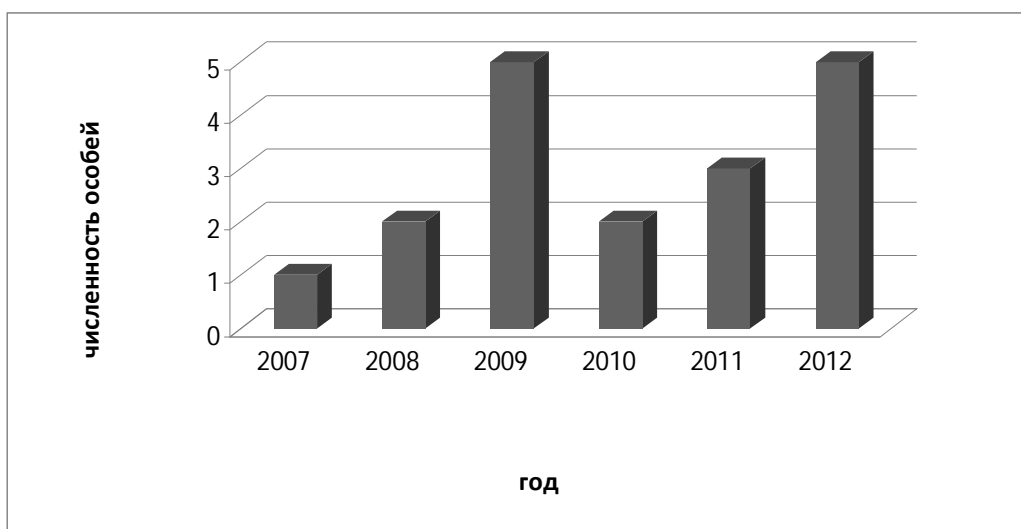


Рисунок 1 – Динамика численности лося (*Alces alces*)

Результаты исследований показали, что численность косули в период с 2007 года по 2012 год увеличилась в 1,3 раза (рисунок 2), и достаточна для ведения планового отстрела.

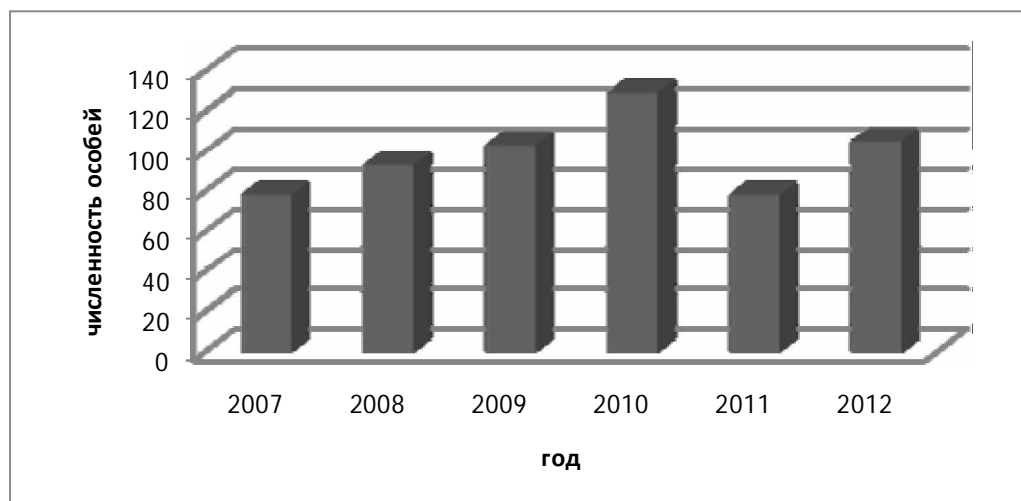


Рисунок 2 – Динамика численности косули (*Capreolus capreolus*)

Результаты исследований показали, что численность популяции кабана к 2012 году уменьшилась в 1,2 раза в сравнении с 2007 годом (рисунок 3), но является достаточной для ведения селекционного отстрела.

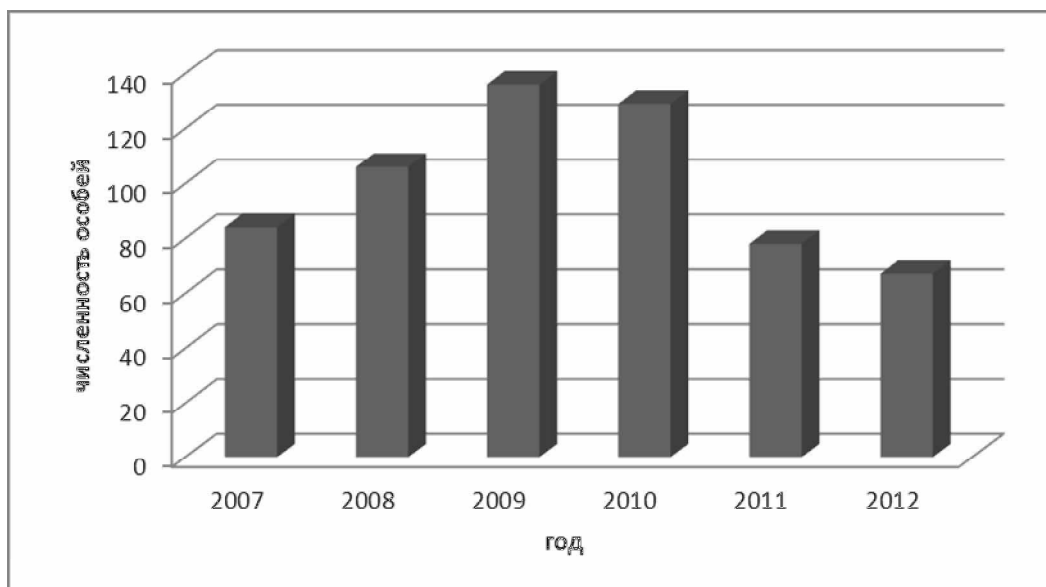


Рисунок 3 – Динамика численности кабана (*Sus scrofa*)

В результате проведенных исследований нами сделаны следующие выводы:

1. На территории Волковыского охотхозяйства «БООР» в исследованных охотничьих угодьях зарегистрировано 3 вида копытных млекопитающих, из отряда парнокопытные *Artiodactyla* (кабан дикий, лось обыкновенный, косуля европейская).
2. В период с 2007 по 2012 год увеличилась численность лося, косули и уменьшилась численность кабана.
3. Охотничьи угодья обхода №3 Волковыского охотхозяйства «БООР» относительно перспективны для ведения хозяйства на косулю и кабана.

Список литературы

1. Савицкий, Б. П. Млекопитающие Беларуси / Б. П. Савицкий, С. В. Кучмель, Л. Д. Бурко. – Минск: БГУ, 2005. – С. 213 – 240.
2. Козло, П. Г. Морфофизиологические адаптации и структурно-функциональный анализ динамики популяций парнокопытных (*Artiodactyla*), проблемы их охраны и рационального использования в Беларуси: автореф. ... дис. д-ра биол. наук: 03.00.08 / П. Г. Козло. – Минск, 2001. – 44 с.
3. О лесхозе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.volkovysk-leschoz.by>. – Дата доступа: 21.03.2011

In territory of hunting economy Volkovysk «BOOR» 3 species of hoofed animals of mammals of group *Artiodactyla* – *Sus scrofa*, *Capreolus capreolus*, *Alces alces*. Carrying out of researches on monitoring during the period with 2007 for 2012 has shown increase in number *Alces alces*, *Capreolus capreolus* and reduction of number *Sus scrofa*. The hunting grounds of detour №3 hunting economy Volkovysk «BOOR» are rather perspective for housekeeping on *Sus scrofa*, *Capreolus capreolus*.

Научный руководитель – **О. В. Янчуревич**, доцент кафедры зоологии и физиологии человека и животных, кандидат биологических наук, доцент.

УДК 373.5.016:54

С. А. ДАЙНОВИЧ

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ ХИМИИ

Эффективная организация образовательного процесса в современной школе невозможна без использования индивидуально-дифференцированного подхода к учащимся.

В обучении химии дифференциация имеет особое значение. Это обусловлено спецификой учебного предмета: у одних учащихся усвоение химии сопряжено со значительными трудностями, а у других проявляются явно выраженные способности к изучению этого предмета. Учащимся предоставляется право и возможность выбора уровня усвоения: минимального, базового и творческого (повышенного). Осуществляется принцип: «возьми столько, сколько можешь и хочешь, но не меньше обязательного» [1]. Элементы разноразности могут быть использованы на уроке, причем на разных его этапах. Исходя из этого, представляет интерес проблема технологии уровневой дифференциации.

Организация образовательного процесса на основе изучения личностных особенностей ребёнка в малокомплектной сельской школе предоставляет возможность для постоянного наблюдения за ребёнком, изучения склонностей и индивидуальных особенностей каждого.

Главными преимуществами такой школы является:

- 1) небольшая наполняемость классов;
- 2) возможность более тесного общения детей и педагогов;
- 3) возможность постоянного разновозрастного общения детей;
- 4) осуществление непосредственной частной связи с родителями.

Дифференцированный подход к изучению предмета «Химия» основывается на трудах Гузика Николая Петровича, заслуженного учителя РФ, который свою систему назвал «Комбинированной системой обучения» [2].

Основополагающим принципом комбинированной системы является принцип подачи учебного материала порциями. Суть его состоит в том, что вся программа делится на крупные разделы (блоки). Эти разделы охватывают несколько тем и рассматриваются первоначально на специальных уроках, которые можно назвать уроками общего разбора темы и методики исследования.

Принцип подачи материала большими порциями позволяет высвободить достаточное количество времени для углубленного изучения темы каждым учеником непосредственно на уроке под руководством учителя. Также для успешной реализации данного принципа организуется обучение от общего к частному: от закона к явлениям.

Другой принцип системы – обучение на оптимальном уровне сложности. Под этим принципом предполагается такая организация учебного труда обучающегося, при которой обеспечивается максимальное использование индивидуальных возможностей учащегося для его оптимального развития.

«Комбинированная система обучения» имеет две отличительные стороны: внутриклассную дифференциацию обучения по уровню и развивающий цикл уроков по теме. Уроки по каждой учебной теме составляют пять типов, которые следуют друг за другом [2 – 4]:

1. Уроки общего разбора темы (лекции) – предназначены для изучения главного в содержании темы. Это вводное занятие, на котором учащиеся знакомятся с новым материалом, изучают его теоретическую основу. Большое место в нём занимает работа с учебником, а в настоящее время презентации с использованием мультимедийной техники. На занятии вычленяется главное в содержании, изучается логика построения рассуждений и доказательств. Класс устанавливает связь между данным и пройденным материалами, изучает рисунки, схемы, разбирает вопросы, сформулированные в конце параграфов. Учащиеся лучше понимают и усваивают то, что представлено в целостном виде. Если, например, учебный материал, охватывающий данную тему, изложен в нескольких параграфах, то и в учебном процессе он рассматривается фрагментально, не на одном уроке. Это приводит к отрывочному усвоению фактического материала, затрудняет процесс формирования системы знаний. В соответствии с этим я стараюсь изложить на уроке все те основные знания, которые исчерпывают данную тему. Если тема рассчитана на большое количество часов, то её разбираю на блоки, которые позволяют рассмотреть материал целостно. Например, при изучении классов органических соединений учебный материал был сгруппирован мною в 3 логических блока:

- 1) Структура молекул и классификация соединений. Основные закономерности, обуславливающие характерные особенности класса.
- 2) Общие и индивидуальные свойства соединений, относящихся к данному классу. Основные закономерности, обуславливающие познавательное и технологическое значение соединений.
- 3) Применение соединений данного класса. Способы переработки и синтеза.

2. Индивидуальная проработка материала учащимися. Основное содержание работы учащихся на семинарских занятиях определяется «дифференцированными программами «А», «В», «С» [4], которые позволяют максимально подготовить обучающихся (особенно в старших классах) к централизованному тестированию.

Эти программы предусматривают два аспекта:

а) обеспечение определённого уровня овладения знаниями, умениями и навыками (от репродуктивного до творческого);

б) обеспечение определённой степени самостоятельности детей в учении (от постоянной помощи со стороны учителя – работа по образцу, инструктаж и т.д. до полной самостоятельности).

Между программами «А», «В», «С» существует строгая преемственность.

Задания программы «С» зафиксированы как базовый стандарт. Выполняя их, ученик овладевает конкретным материалом по предмету на уровне его воспроизведения. Работа по первичному усвоению материала на этом уровне имеет свои особенности. Она требует многократного его повторения, умения выделять смысловые группы, вычленять главное. Поэтому в содержание программы «С» вводится инструктаж о том, как учить, на что обратить внимание, какой из этого следует вывод. Задания программы «С» должен уметь выполнить каждый ученик, прежде чем приступить к работе по более сложной программе.

Программа «В» обеспечивает овладение учащимися общими и специфическими приёмами учебной и умственной деятельности, которые необходимы для решения задач на применение. Поэтому помимо конкретных знаний в эту программу вводятся дополнительные сведения, расширяющие материал первого уровня, доказывают, иллюстрируют и конкретизируют основные знания, показывают функционирование и применение понятий. Этот уровень несколько увеличивает объём сведений, помогает глубже понять основной материал, делает общую картину более цельной.

Выполнение программы «А» поднимает учащихся на уровень осознанного, творческого применения знаний. Эта программа предусматривает свободное владение дидактическим материалом, приёмами учебной рабо-

ты и умственных действий. Она вводит ученика в суть проблем, которые можно решить на основе полученных в школе знаний, даёт развивающие сведения, углубляющие материал, его логическое обоснование, открывающие перспективы творческого применения. Этот уровень позволяет ребёнку проявить себя в дополнительной самостоятельной работе. При повторении материала широко применяется методика свободного выбора разноуровневых заданий.

Выбор программы изучения каждой темы предоставляется самому школьнику. Так обеспечивается общий для всех базовый минимум знаний и одновременно открывается простор для развития творческой индивидуальности каждой личности.

В конце занятия – проверка знаний учащихся (цель этой проверки – как учащиеся усвоили программу, с которой они работали). Наиболее эффективное – групповое собеседование, письменная самостоятельная работа.

Каждый ученик выбирает одну из трёх программ. В процессе работы над заданиями ему разрешается пользоваться всеми имеющимися в кабинете источниками информации, он подходит за помощью к товарищам, учителю.

3. Уроки обобщения и систематизации знаний (тематические зачёты) – в конце завершения изучения определённого блока учебного материала. Этот тип урока имеет три цели:

а) обучение учащихся приёмам обобщения и систематизации знаний;

б) выделение из изученного материала наиболее общих понятий и научных идей, выявление связей между наиболее существенными знаниями; на данных уроках мы с учащимися повторяем отдельные факты, сведения, явления, которые служат материалом для общения, а затем провожу контроль – обобщающую проверку знаний письменно;

в) проведение контрольно-обобщающей проверки знаний учащихся.

4. Уроки межпредметного обобщения материала (уроки защиты тематических заданий) – в завершении изучения тематических разделов.

5. Уроки-практикумы.

При контроле знаний дифференциация углубляется и переходит в индивидуализацию (индивидуальный учёт достижений каждого учащегося). По принципам и содержанию внутрипредметная внутренняя методика сходна с методикой «полного усвоения» [5]. Переход к новому материалу осуществляется только после овладения учащимися общим для всех уровнем образовательного стандарта.

Прочность знаний обеспечивается реализацией принципа многократного и постоянного контроля за качеством и глубиной усвоения учебного материала, который позволяет вовремя заметить отставания в учебном материале, обеспечить системность учебного материала.

Немаловажным является тот факт, что в процессе многократной проверки учащиеся имеют возможность исправить не удовлетворяющую его оценку, что создает благоприятный для обучения психологический климат.

В октябре 2011 года и марте 2012 года было проведено анкетирование учащихся Государственного учреждения образования «Головачская средняя школа» Гродненского района. Основной целью данного анкетирования являлось выяснение познавательного интереса к химии, а также диагностика деятельности учащихся при изучении химии с использованием КСО (комбинированной системы обучения) (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ познавательного интереса у учащихся к изучению химии

Критерии познавательного интереса	9 кл., %	10 кл., %	11 кл., %
1. Проявляю интерес к отдельным фактам	32	31	31
2. Стараюсь добросовестно выполнять программные требования	32	28	53
3. Получаю интеллектуальное удовольствие от решения задач	13	10	10
4. Проявляю интерес к обобщениям и законам	13	13	8
5. Мне интересны не только знания, но и способы их добывания	4	10	18
6. Испытываю интерес к самообразовательной деятельности	4	3	7

Как показали результаты анкетирования, у учащихся к 11 классу не только вырабатывается добросовестное отношение к выполнению программных требований, но, самое главное, появляется интерес к самообразованию, получению знаний, в первую очередь, за счёт самостоятельной работы, т.е. прослеживается непосредственная подготовка к учёбе в высших учебных заведениях.

Развитие интеллектуальных умений посредством дифференцированного подхода в обучении на уроках химии повышает уровень обученности учащихся [6]. Осознание ими своих индивидуальных способностей и мотивов в учебной деятельности позволяет им лучше понимать, оценивать учебные задачи, стоящие перед ними, определять цель работы и пути её достижения. Анализируя динамику предпочтений учащихся в выборе предметов централизованного тестирования, хочется отметить, что в последние годы выпускники отдают предпочтение сдаче ЦТ по химии (рисунок 1).

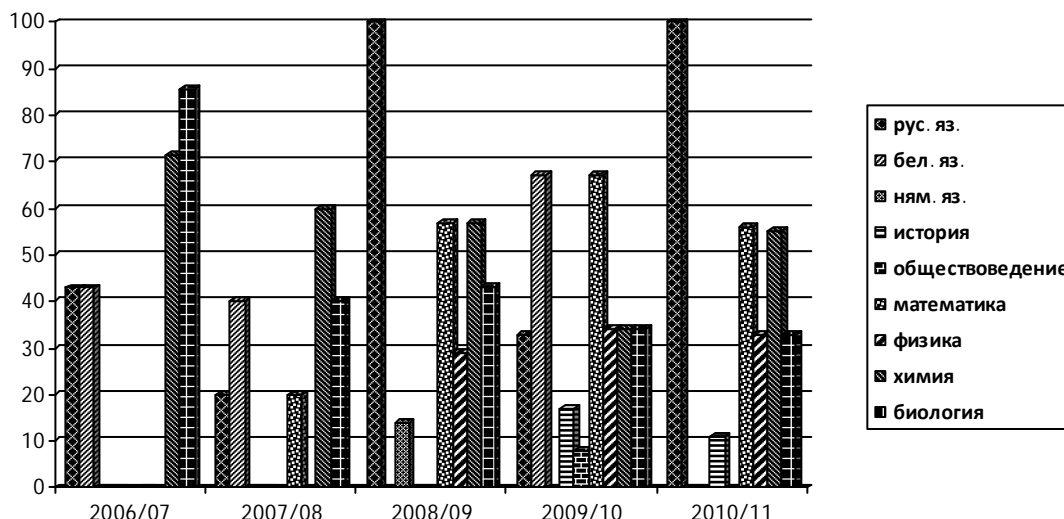


Рисунок 1 – Динамика предпочтений учащихся в выборе предметов централизованного тестирования

Использование технологии дифференцированного подхода позволило добиться некоторых результатов: многие ученики являются студентами вузов, техникумов и средних специальных учебных заведений, где химия играет ведущую роль, что подтверждает высокий уровень усвоения программного курса химии (рисунок 2).

Немаловажным показателем является участие учащихся нашей школы в олимпиадах. Хотелось отметить тот факт, что на протяжении трёх лет, начиная с 2006 года призёром республиканской олимпиады являлся Дайнович Виктор, ныне студент 4 курса Гродненского государственного медицинского университета.

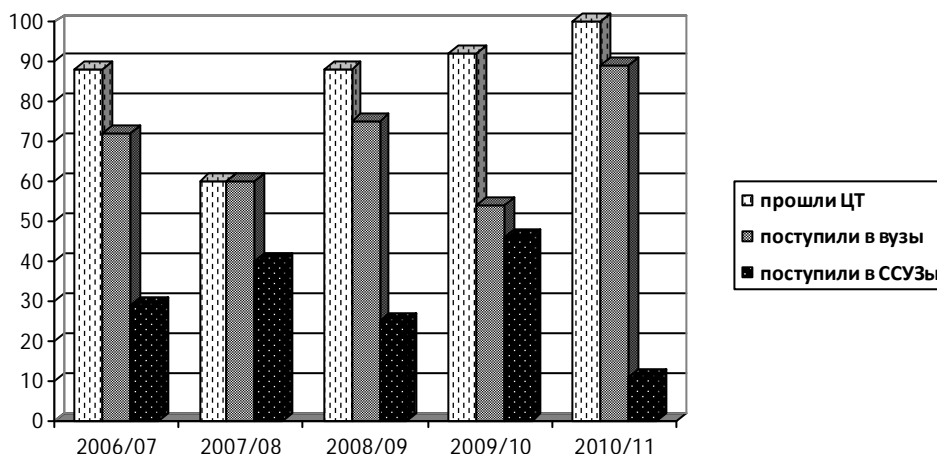


Рисунок 2 – Исследование успешности прохождения учащимися ЦТ и поступления в вузы и ССУЗы

Таким образом, результативность деятельности развития учащихся очевидна. Исходя из этого, я считаю, что реализация дифференцированного подхода в обучении химии обеспечивает положительную динамику индивидуального развития каждого учащегося.

Уровневую дифференциацию можно назвать верным шагом к тому, чтоб сделать ведение уроков химии интересным и в какой-то мере увлекательным для всех учащихся, тем самым, вовлекая их в образовательный процесс. Дифференцированный подход позволяет каждой личности самореализоваться, удовлетворять потребности каждого ученика в соответствии с его способностями, интересами и возможностями, а также учит адекватно оценивать свои знания [5].

Необходимо признать тот факт, что уровневая дифференциация, как метод улучшения качества получаемых знаний, дает существенные результаты, а главным положительным итогом дифференцированного подхода к обучению учащихся на уроках химии является рост познавательного интереса к предмету.

Таким образом, можно отметить, что дифференцированный подход имеет ряд преимуществ перед традиционным методом обучения:

1. Он дает четкие ориентиры для отбора содержания работы, позволяет сделать ее целенаправленной.
2. Работа учителя выглядит более объективной. Создание атмосферы взаимодействия, активного введения положительных мотивов учения.

3. Постоянная подготовка на опорном уровне, возможность перехода на более высокий на любом этапе обучения, позволяет учитывать индивидуальные качества, самостоятельность, работоспособность, уровень мышления, внимательность и т.д.

4. Постоянное пополнение знаний учащихся.

Список литературы

1. Фирсов, В. В. Дифференциация обучения на основе обязательных результатов обучения / В. В. Фирсов. – М.: Просвещение, 1994. – С. 118 – 124.
2. Гузик, Н. П. Учить учиться / Н. П. Гузик. – М.: Педагогика, 1981. – С. 88.
3. Гузик, Н. П. Дидактический материал по химии для 9 класса / Н. П. Гузик. – Киев: Радянська школа, 1982. – С. 120.
4. Гузик, Н. П. Обучение органической химии / Н. П. Гузик. – М.: Просвещение, 1988. – С. 66 – 78.
5. Суровцева, Р. П. Разноуровневая дифференциация при обучении химии / Р. П. Суровцева // Химия в школе. – 1997. – № 5. – С. 52 – 64.
6. Рыжова, В. Н. Дифференциация обучения как важный фактор развития познавательных интересов школьников / В. Н. Рыжова // Завуч. – 2003. – № 8. – С. 47 – 51.

The effective organisation of educational process at modern school is impossible without use of the individually-differentiated approach to pupils.

Научный руководитель – **В. Н. Бурдь**, декан факультета биологии и экологии, доктор химических наук, доцент.

УДК 581.13

Н. Ю. КРЫЛОВА

ЗАВИСИМОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЛИСТЬЯХ *VACCINIUM VITIS-IDAEA* ОТ ФЛУКТУАЦИЙ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

При выровненном температурном и гидрологическом режимах, приближенных к климатическим нормам отмечено невысокое содержание всех групп фенольных соединений в листьях брусники, тогда как при контрастных условиях в течение лета (июль – август) отмечено значительное повышение содержания биологически активных веществ.

В последние годы прослеживается все возрастающий интерес к биологически активным веществам растений и получению из них лекарственных средств не только на основе индивидуальных соединений, но и содержащих комплексы растительных веществ. В связи с чем актуальными являются исследования о влиянии экологических условий на содержание в различных органах и структурах растений, в том числе и листьях, различных биологически активных веществ, таких как фенольные соединения, алкалоиды, терпеноиды и т.д. [1]. В качестве объекта исследования выбран вид *Vaccinium vitis-idaea* L. (брусника), поскольку данный вид является фармакопейным растением в Республике Беларусь [2], и характеризуется значительной амплитудой варьирования экологических условий произрастания. Ежегодно в вегетационный сезон выпадает различное количество осадков на фоне различных температур, что отражается на содержании биологически активных веществ в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L., поэтому важно выяснить влияние на накоплении биологически активных веществ флуктуации погодных условий.

Цель работы – установить зависимость содержания суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов, антоцианов и проантоцианидинов в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L. от погодных условий вегетационных сезонов.

Геоботанические исследования проводили на территории республиканского ландшафтного заказника «Озёры» (Республика Беларусь, Гродненская обл., Гродненский р-н, ЮВ окр. ст. Рыбница) в июле-августе 2010-2011 гг. в лесных фитоценозах с преобладанием *Pinus sylvestris* L. в господствующем ярусе. Исследования производили методом пробных площадей (ПП, 12 \times 400 м²), заложенных на орографическом градиенте: от верхового лесного болота до вершины гряды. Геоботанические описания – общепринятыми методами [3]. Фитоиндикацию экологических режимов – по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [4]. Относительную освещённость (% от полной) – люксметром Ю-116. Показатели температуры и осадков предоставлены метеорологической станцией г. Гродно. В анализе учитывали суммы осадков и средние температуры за первые две декады июля и августа. На каждой ПП: изъятие побегов (40 – 50) *Vaccinium vitis-idaea* L. прироста текущего года для подсчёта содержания в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L. суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов, антоцианов и проантоцианидинов спектрофотометрически по М.Н. Комаровой (спектрофотометр СВ-26, на базе кафедры фармакогнозии Витебского государственного медицинского университета, доцент О.В. Созинов) [5]. Изъятие побегов – во второй декаде июля и августа. Статистическую обработку данных осуществляли методами описательной статистики, корреляционного и регрессионного анализов в программе Statistica 6.0.

Исследуемые фитоценозы – сосняки, объединённые в группы ассоциаций *Pinetum (sylvestris) Pleurosiosum (schreberi)*, *Pinetum (sylvestris) Hylocomiosum (splendens)*, *Betuleto (pubescentis) – Pinetum (sylvestris) Sphagnosum (angustifolii)*, *Betuleto (pubescentis) – Pinetum (sylvestris) Hylocomiosum (splendens)*, за исключением *Betuletum (pendulae) Pleurosiosum (schreberi)*. Изученные растительные сообщества приурочены к олиготроф-

ным – мезотрофным кислым и очень кислым почвам со свежелесолуговым – сыровато-лесолуговым увлажнением при относительной освещённости 16 – 93 %.

При анализе метеорологических данных за июль-август 2010 г. (Таблица 1) установлено превышение многолетней месячной нормы температуры на 20 % в июле и 17 % в августе. Также отмечены отклонения от многолетней месячной нормы суммы осадков: в июле – на 45 % ниже нормы, в августе количество выпавших осадков превысило норму на 9 %. Таким образом, июль является жарким и сухим, август – жарким и влажным.

Анализ показателей температуры и осадков за июль-август 2011 г. (таблица 1) установил незначительное отклонение (выше на 7 %) среднемесячных температур от многолетней месячной нормы, в отношении выпавших осадков отмечена обратная тенденция аналогичному периоду 2010 г.: в июле количество выпавших осадков превысило норму на 35 %, в августе – ниже нормы на 47 %. Таким образом, июль является тёплым и влажным, август – тёплым и сухим.

Таблица 1 – Показатели температуры и осадков за июль – август 2010 – 2011 гг.

Год	Месяц	Декада	Средняя температура, °С		Σ осадков, мм	
			год	Норма	год	Норма
2010	Июль	I	19,7	17,4	10,0	25
		II	24,0	17,9	1,6	25
		III	22,2	18	23,3	27
	Август	I	22,2	17,6	34,4	25
		II	22,3	16,9	19,5	25
		III	16,4	15,7	30,1	24
2011	Июль	I	17,6	17,4	64,6	25
		II	20,8	17,9	13,1	25
		III	19,0	18	39,2	27
	Август	I	18,3	17,6	11,7	25
		II	17,8	16,9	23,8	25
		III	17,6	15,7	3,8	24

В исследуемых листьях *Vaccinium vitis-idaea* L. прироста 2010 г. содержание суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов и проантоцианидинов значительно превышает таковое в листьях прироста 2011г, при сходных пропорциях антоцианов (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения содержания суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов, антоцианов и проантоцианидинов в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L. приростов 2010 – 2011 гг.

Год	Месяц	Фенольные соединения, %			
		ΣФС	ΣФЛ	АЦ	ПА
2010	Июль	46,19±0,16	2,57±2,19	0,038±0,004	9,90±0,86
	Август	44,78±0,07	2,05±1,41	0,070±0,004	22,42±0,55
2011	Июль	12,36±0,04	1,39±0,38	0,057±0,005	5,36±0,27
	Август	13,73±0,04	1,21±0,48	0,049±0,004	7,47±0,52

Примечание: ΣФС – сумма фенольных соединений, ΣФЛ – сумма флавоноидов, АЦ – антоцианы, ПА – проантоцианидины

За июль – август 2010 – 2011 гг. отмечены значительные различия по содержанию исследуемых групп биологически активных веществ: снижение суммы фенольных соединений и суммы флавоноидов на 69 – 73 % и 41 – 46 % соответственно, доля антоцианов флуктуирует в пределах 33 %, доля проантоцианидинов возрастает на 46 – 67 % (рисунок 1). Сравнительный анализ флуктуационной изменчивости содержания биологически активных веществ в листьях брусники выявил повышенное накопление суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов и проантоцианидинов в 2010 г., что на наш взгляд, связано с относительно сухим и жарким июлем 2010 г. Резкий недостаток влаги на фоне высокой температуры является экстремальным фактором для жизнедеятельности *Vaccinium vitis-idaea* L., в связи с чем замедляются ростовые процессы, снижается активность ферментных систем, синтезируется меньшее количество пластических веществ, в том числе и белка [6]. Для биосинтеза белков, а также для синтеза фенольных соединений по шикиматному пути необходим фенилаланин. Усиленный синтез белков ослабляет синтез фенольных соединений, однако, поскольку синтез белков ослаблен, то избыточный фенилаланин используется на образование фенольных соединений, что и обуславливает большое их содержание в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L. [7]. При нормализации водного режима восстанавливается нормальное течение физиологических процессов растений, синтезируется белок, в связи с чем образуется меньшее количество фенольных соединений. Возрастание доли антоцианов (2010 г.) и проантоцианидинов (2010-2011) в августе обусловлено выполняемыми ими функциями: участие в клеточном дыхании в качестве переносчиков электронов в дыхательной цепи, активация дыхательных ферментов, ускорение процессов кле-

точного деления. Следовательно, для нормализации нормальной жизнедеятельности растений необходимо большее их количество [7]. Флуктуации содержания фенольных соединений, на наш взгляд, обусловлено тем, что при кратковременном недостатке влаги возможно усиление интенсивности дыхания, а поскольку фенольные соединения участвуют в процессах клеточного дыхания, их количество возрастает [6] (рисунок 1).

Сравнение флуктуаций содержания биологически активных веществ выявил важность очередности чередования сухих и влажных периодов в течение вегетационного сезона. Также, важным фактором, влияющим на содержания фенольных соединений в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L. является продолжительность воздействия лимитирующего фактора.

Длительное воздействие провоцирует снижение интенсивности процессов жизнедеятельности и накопление фенольных соединений как способ преобразования избыточного фенилаланина, образующегося при распаде белков [6, 7]. При кратковременном воздействии резких колебаний содержания фенольных соединений не отмечено.

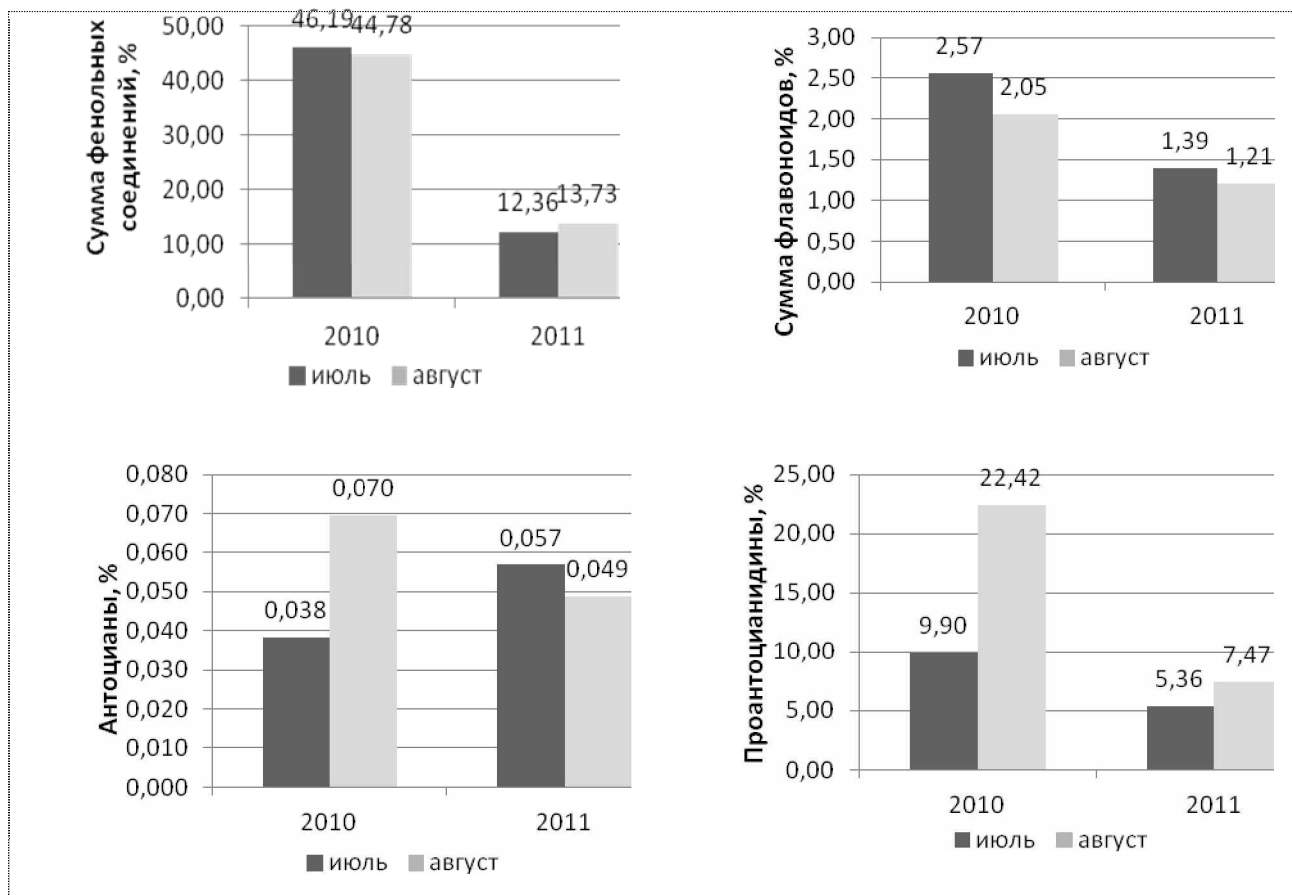


Рисунок 1 – Содержание суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов, антоцианов и проантоцианидинов в листьях *Vaccinium vitis-idaea* L.

Таким образом, содержание суммы фенольных соединений, суммы флавоноидов, антоцианов и проантоцианидинов зависит от количества выпавших осадков, температуры, продолжительности и последовательности воздействия стрессовых факторов: при длительном недостатке влаги на фоне высоких температур отмечено высокое содержание суммы фенольных соединений при снижении доли антоцианов и проантоцианидинов. Нормализация условий жизнедеятельности сопровождается снижением синтеза фенольных соединений при увеличении доли антоцианов и проантоцианидинов.

Список литературы

1. Бузук, Г. Н. Универсальный характер М-образной зависимости между основным и специализированным обменом у лекарственных растений / Г. Н. Бузук, М. Я. Ловкова, С. М. Соколова // Вестник фармации. – 2006. – № 1. – С. 1 – 11.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь: в 3 т. / под общ. ред. А. А. Шерякова. – Молодечно: Типография «Победа», 2008. – Т. 2: Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья. – 472 с.
3. Лемеза, Н. А. Геоботаника: Учебная практика: учеб. пособие / Н. А. Лемеза, М. А. Джус. – Минск: Выш. шк., 2008. – 255 с.
4. Цыганов, Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
5. Комарова, М. Н. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья: Методические указания к лаб. занятиям / М. Н. Комарова, под ред. К. Ф. Блиновой. – СПб.: СПХФА, 1998. – 60 с.
6. Полевой, В. В. Физиология растений / В. В. Полевой. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
7. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск: Ураджай, 1981. – 80 с.

The leaves of *Vaccinium vitis-idaea* synthesized low number of biologically active substances in weather conditions that are close to normal. For large differences in weather conditions during the summer in the leaves of *Vaccinium vitis-idaea* content of biologically active compounds is increased by 30 – 70%.

Научный руководитель – **О. В. Созинов**, доцент кафедры ботаники, кандидат биологических наук, доцент.

УДК 574.583

А. А. ЛУКАШЕВИЧ

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ МОЛЧАДЬ (Гродненская область)

Исследован видовой состав фитопланктона на двух станциях реки Молчадь в районе Гезгальской ГЭС. Максимальное видовое разнообразие фитопланктона наблюдается на реке с мая по август. Для сезонной сукцессии видов фитопланктона данной реки не характерна классическая схема, что, возможно, является следствием ритмичной работы ГЭС. Видовой состав обеих станций на исследованном участке небогат и довольно схож. Рассчитанные коэффициенты сходства Сёрнсена для большинства проб находятся в пределах 0,6 – 0,73. За период исследования в планктоне реки Молчадь было выявлено 54 вида водорослей из 4 отделов.

Введение. Малые реки – это сложные природные объекты, находящиеся в тесной связи с окружающей средой, реагирующие на естественные и антропогенные изменения ее компонентов. Они отличаются высоким разнообразием свойств и до сих пор наименее изучены [1]. Как правило, малые реки – самые верхние звенья крупных речных систем. Поэтому изучение природных вод следует начинать с малых водных объектов. Исследование фитопланктона имеет большое теоретическое и практическое значение, так как планктонные организмы первыми реагируют на изменения в составе водной среды. По видовому разнообразию и по динамике видового состава фитопланктона можно судить о качестве воды в исследуемом водоеме.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследований послужили 14 смешанных проб планктона, которые были отобраны один раз в месяц с апреля по октябрь 2011 года на реке Молчадь. Молчадь – одна из рек Новогрудской возвышенности, протекает на территории Барановичского и Дятловского районов Беларуси. Является левым притоком Немана. Длина 98 км. Река берет начало от озера Свитязь. Ширина русла 12 – 15 м. Среднегодовой расход воды в устье 9 м³/с. Площадь водосбора 1140 км². На реке установлены 2 ГЭС (Гезгальская и Новосёлковская), к тому же река является туристской зоной.

Пробы отбирались на двух станциях. Первая станция отбора проб находится в 5 метрах от Гезгальской ГЭС. В этом месте река образует небольшое водохранилище глубиной более 5 метров, шириной свыше 30 метров. Вторая станция расположена на реке Молчадь в 2 км от устья и 4 км от станции №1. Течение и глубина реки не стабильны, зависят от работы ГЭС: с 8.00 до 15.00 течение очень быстрое и глубина до 2 метров, после 15.00 течение постепенно замедляется, и уровень воды падает, в 19.00 глубина на станции 1 – 1,5 метра. Отбор проб фитопланктона и их концентрирование осуществляли по классическим гидробиологическим методикам [2, 3], определение видовой принадлежности организмов фитопланктона проводили по определителям [4 – 7].

Результаты и их обсуждение. За период исследования в фитопланктоне реки Молчадь выявлено 54 вида из 4 отделов. Станции между собой по количеству видов водорослей отличаются незначительно. Наиболее разнообразен по видовому составу отдел *Bacillariophyta* – 26 видов (48 % от общего количества выявленных видов), следующим отделом является отдел *Chlorophyta* – 21 вид (38 %), отдел *Cyanophyta* – 6 видов, отдел *Euglenophyta* – 1 вид. Систематическая принадлежность водорослей определялась в соответствии с «Таксономическим каталогом» Т.М. Михеевой [8].

Проведен таксономический анализ водорослей планктона, выявленных на первой станции. Результаты отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Таксономический спектр фитопланктона на станции 1

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Centrophyceae</i>	2	2	2	2
	<i>Pennatophyceae</i>	2	5	9	18
<i>Chlorophyta</i>	<i>Protococcophyceae</i>	2	5	7	13
	<i>Conjugatophyceae</i>	2	3	3	5
	<i>Ulothrichophyceae</i>	1	1	1	1
	<i>Volvocophyceae</i>	1	1	1	1
<i>Cyanophyta</i>	<i>Chroococcophyceae</i>	1	1	2	2
	<i>Hormogoniophyceae</i>	2	3	3	3
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenophyceae</i>	1	1	1	1
Общее количество:		14	22	29	46

Самой высокой видовой насыщенностью обладает класс *Pennatophyceae* – сюда входит 18 видов, что составляет почти половину от всех выявленных видов. Следующими по видовой насыщенности являются классы: *Protococcophyceae* – 13 видов, *Conjugatophyceae* – 5 видов.

Таксономический анализ водорослей, выявленных на второй станции, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Таксономический спектр фитопланктона на станции 2

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Centrophyceae</i>	2	2	2	2
	<i>Pennatophyceae</i>	2	5	9	23
<i>Chlorophyta</i>	<i>Protococcophyceae</i>	1	4	5	12
	<i>Conjugatophyceae</i>	2	3	3	4
	<i>Volvocophyceae</i>	1	1	1	1
<i>Cyanophyta</i>	<i>Chroococcophyceae</i>	1	2	3	3
	<i>Hormogoniophyceae</i>	2	2	2	2
<i>Euglenophyta</i>	<i>Euglenophyceae</i>	1	1	1	1
Общее количество:		12	20	26	48

Тройка классов с наибольшей видовой насыщенностью на второй станции та же, что и на первой. На первом месте *Pennatophyceae* с 23 видами, на втором – класс *Protococcophyceae* с 12 видами, на третьем – *Conjugatophyceae* с 4 видами.

В общем, видовой состав обеих станций на исследованном участке небогат и довольно схож. Рассчитанные коэффициенты сходства Сёрнсена для всех проб, кроме октября, находятся в пределах 0,6-0,73; в октябре коэффициент равен 0,3.

Как показали исследования на протяжении семи месяцев, доминирующими по видовому разнообразию оказались отделы *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*. Разнообразие остальных отделов во все сезоны было невелико, а представители некоторых отделов не были выявлены вообще.

Рассмотрим сезонные изменения в видовом составе фитопланктона двух станций. В апреле в пробах преобладали представители диатомовых водорослей из порядков *Melosirales* и *Raphales*. Встречались также виды, относящиеся к порядку *Araphales*. Начинали развиваться зеленые, встречались единичные представители данного отдела, относящиеся к родам *Scenedesmus* Meyen, *Tetrastrum* Link. и *Closterium* Nitzsch. Также присутствовали цианобактерии из родов *Microcystis* Kutz. Elenk. и *Anabaena* Bory.

В мае количество видов зеленых водорослей увеличилось вдвое – 16 видов, но доминирующими по-прежнему остаются диатомовые – 24 вида. Начали встречаться такие виды цианобактерий как *Oscillatoria agardhii* Gom. и *Merismopedia tenuissima* Lemm.

В июне преобладающую часть фитопланктона на первой станции составил отдел *Chlorophyta*, (*Scenedesmus*, *Closterium*, *Tetraëdron* Corda). Встречались виды диатомовых водорослей из родов *Nitzschia* Hass, *Pinnularia* Hust., *Fragilaria* Kütz. Количество видов синезеленых уменьшилось (*Anabaena*, *Microcystis*). Появились представители отдела *Euglenophyta*. На второй станции видовое разнообразие диатомовых уменьшилось, а *Euglenophyta* не выявлено вообще.

В июле на двух станциях присутствовали виды из 4 отделов. На первом и втором местах по встречаемости остались *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*. Надо отметить и то, что видовое разнообразие зеленых уменьшилось, а диатомовых – увеличилось. Особенно четко данная картина прослеживается на станции 2. На первой станции из представителей отдела *Cyanophyta* встречается только *Anabaena flos-aquae*, а на второй станции данный вид не выявлен, лишь в незначительном количестве встречаются представители рода *Merismopedia* Lemm.

В августе наблюдался ещё один пик видового разнообразия. На первой станции преобладающими являлись отделы *Chlorophyta* и *Bacillariophyta* (13 видов), а на второй отдел *Bacillariophyta* (18 видов). Практически вдвое увеличилось количество видов зеленых водорослей на второй станции. Видовое разнообразие синезеленых на данной станции осталось прежним, а на станции 1 обнаружены виды родов *Microcystis*, *Anabaena* и *Oscillatoria*. Представители отдела *Euglenophyta* были выявлены только на первой станции.

С наступлением осени видовое разнообразие водорослей по всем отделам уменьшилось вследствие падения температуры воды и уменьшения светового дня, что негативно сказалось на интенсивности процесса фотосинтеза. В сентябре на станции 1 преобладали представители отдела *Chlorophyta*, а на станции 2 – *Bacillariophyta*. В октябре диатомовые и зеленые встречались в равных количествах на двух станциях. На первой станции отмечено несколько видов синезеленых.

Обобщенные результаты (по 2 станциям) сезонных изменений видового состава фитопланктона представлены на рисунке 1.

Максимальное видовое разнообразие фитопланктона наблюдается на реке с мая по август с пиком в мае (45 видов). Следует отметить, что в целом для сезонной сукцессии видов фитопланктона реки Молчадь характерно постоянное доминирование по видовому разнообразию диатомово-зеленого комплекса, а число видов цианобактерий невелико. Такая структура фитопланктона свидетельствует о принадлежности реки Молчадь к водоемам мезотрофного типа, хотя для более точных выводов необходимо изучить количественные характеристики фитопланктона. Возможно, некоторые диатомовые водоросли попадают в планктон из бентоса в результате перемешивания воды при циклической работе ГЭС, т.е. являются временно планктонными.

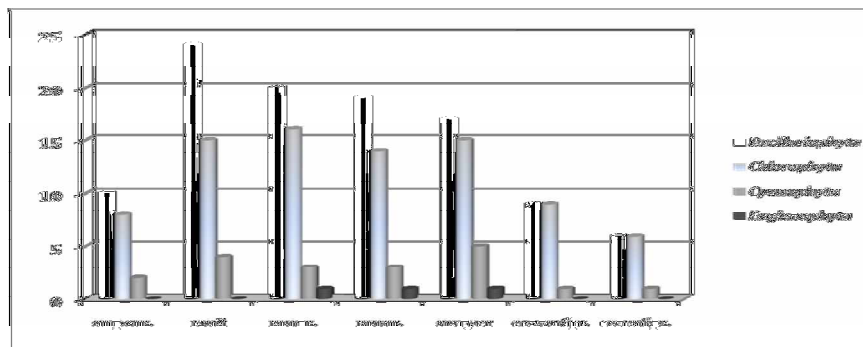


Рисунок 1 – Динамика видового разнообразия фитопланктона реки Молчадь

Заключение. В результате проведенных исследований нами сделаны следующие выводы:

1. За период исследования в фитопланктоне реки Молчадь было выявлено 54 вида из 4 отделов 9 классов 15 порядков 23 семейств 31 рода.
2. Наибольшее число видов водорослей в планктоне реки Молчадь на станции 1 относятся к отделам *Bacillariophyta* и *Chlorophyta* по 20 видов (43 % от общего количества выявленных видов). В фитопланктоне станции 2 первое место по видовому разнообразию принадлежит отделу *Bacillariophyta* – 25 вид (52 %), а второе – *Chlorophyta* (17 видов, 36 %). Небольшие показатели видового разнообразия могут свидетельствовать о достаточно высокой антропогенной нагрузке на водоем.
3. Для сезонной сукцессии видов фитопланктона данной реки характерно постоянное доминирование по видовому разнообразию диатомово-зеленого комплекса.

Список литературы

1. Дгебуадзе, Ю. Ю. Малые реки как объект экологических исследований: некоторые итоги и перспективы / Ю. Ю. Дгебуадзе // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, биология, охрана: тезисы докладов II Всероссийской конференции 16 – 19 ноября 2004 г. – Борок, 2004. – С. 21 – 22.
2. Садчиков, А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: учеб.-методическое руководство / А. П. Садчиков. – М.: Университет и школа, 2003. – 57 с.
3. Михеева, Т. М. Методы количественного учета нанофитопланктона (обзор) / Т. М. Михеева // Гидробиологический журнал. – 1989. – Т. 25. – № 4. – С. 3 – 21.
4. Криштофович, А. Н. Диатомовый анализ. Кн. 2. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядки Centrales и Mediales // Под общ. ред. А. Н. Криштофовича. – М.: Госуд. изд-во геологич. лит-ры, 1949.
5. Криштофович, А. Н. Диатомовый анализ. Кн. 3. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Порядок Pennales // Под общ. ред. А. Н. Криштофовича. – М.: Госуд. изд-во геологич. лит-ры, 1950.
6. Топачевский, А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк // Под ред. А. В. Топачевского – Киев: Вища школа, 1984. – 336 с.
7. Царенко, П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / П. М. Царенко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
8. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т. М. Михеева. – Минск: БГУ, 1999. – 396 с.

The specific structure of a phytoplankton at two stations of the river Molchad around Gezgalsky hydroelectric power station is investigated. The maximum specific variety of a phytoplankton is observed on the river from May to August. For a seasonal succession of types of a phytoplankton of this river the classical scheme isn't characteristic that, probably, is a consequence of rhythmical work of hydroelectric power station. The specific structure of both stations on the studied site is rather poor and quite similar. The calculated factors of similarity of Syorensen for the majority of tests are in limits 0,6-0,73. During research in a plankton of the river Molchad 54 types of algae from 4 departments were revealed.

Научный руководитель – **Н. С. Прибыловская**, старший преподаватель кафедры ботаники.

УДК 004.9

Н. И. ОСИПУК

МОДУЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Приводится описание разработанного учебно-методического комплекса дисциплины «Зоология позвоночных» и модульной программы «Надкласс Tetrapoda, класс Amphibia», включающей 5 теоретических и 3 дополнительных модуля. Модульная система обучения в значительной степени повышает качество подготовки специалистов, способствует воспитанию кадров нового типа, так как направлена на осуществление непрерывного и ритмичного изучения учебного материала в течение семестра или всего учебного года. Ее цель – усиление контроля за глубиной и качеством усвоения материала обучающимися и выработка у них навыков систематической самостоятельной работы.

Основополагающая задача современного высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к самообразованию, саморазвитию и дальнейшей творческой и практической дея-

тельности. Решение данной задачи вряд ли возможно путем предоставления обучаемому определенной суммы пассивных знаний, умений и навыков. Необходимым условием превращения студента в субъекта, заинтересованного в преобразовании себя как личности и будущего специалиста, является формирование у него навыков самостоятельной работы и зарождение интереса к накоплению и постоянному пополнению своих знаний. Эффект от самостоятельной работы студента можно получить только в том случае, когда она организовывается и реализуется в учебно-воспитательном процессе в качестве целостной системы, пронизывающей все этапы обучения студентов в вузе [1].

Одним из вариантов реализации самостоятельной работы студентов может стать учебно-методический комплекс (УМК) (либо в бумажном, либо в электронном варианте). На сегодняшний день существует несколько моделей УМК:

- 1) интегральный тип;
- 2) модульно-рейтинговый;
- 3) блочно-модульный.

Каждый из используемых типов основан на модульной технологии, что делает их привлекательными в плане использования разработанной методики. Так, большой интерес представляют достижения интегрированного типа в плане организации учебного материала внутри модулей. Заслуживает внимания и использование рейтинговой системы оценки знаний студентов, что позволяет преподавателю быть наиболее объективным при выставлении итоговой отметки по модулю (модульно-рейтинговый тип). Целесообразным представляется также и реализация системы планирования видов занятий с учетом форм их проведения (блочно-модульный тип). Достоинства указанных типов УМК очевидны, и каждый из них заслуживает внимания [2, с. 173].

Наиболее оптимальным для подготовки УМК по курсу «Зоология позвоночных», преподаваемому на факультете биологии и экологии Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, нам представляется блочно-модульный тип. Во многом такое предпочтение связано со спецификой преподаваемой дисциплины. Программа учебного курса «Зоология позвоночных» рассчитана максимально на 230 часов, в том числе 100 часов аудиторных: 48 – лекционных, 52 – лабораторных занятий. Это базовый курс, который требует от студентов усвоения большого объема информации. Данная модель УМК позволяет акцентировать внимание студентов на наиболее важные и сложные элементы программы, а также же является одним из способов организации контролируемой самостоятельной работы студентов.

Согласно типовой учебной программе курса «Зоология позвоночных» для высших учебных заведений по специальностям 1-310101 – Биология, 1-330101 – Биоэкология от 25.05.2009 (регистрационный № ТД-Г 197/тип.), утвержденной Министерством образования Республики Беларусь, в курсе рекомендовано выделять 5 теоретических модулей, объединяющих основные группы позвоночных животных.

Нами предложено выделять в УМК дисциплины «Зоология позвоночных» также дополнительные модули (рисунок 1).

Тогда в целом модульная система будет выглядеть следующим образом:

М-0. Введение в дисциплину.

М-1. Низшие хордовые (подтипы Acrania и Urochordata).

М-2. Подтип Vertebrata, раздел Agnatha.

М-3. Раздел Gnathostomata, надкласс Pisces (Anamnia).

М-4. Надкласс Tetrapoda, класс Amphibia.

М-5. Amniota, класс Reptilia, теплокровные амниоты – классы Aves и Mammalia.

М-R. Резюме (обобщение).

М-K. Выходной, итоговый контроль.

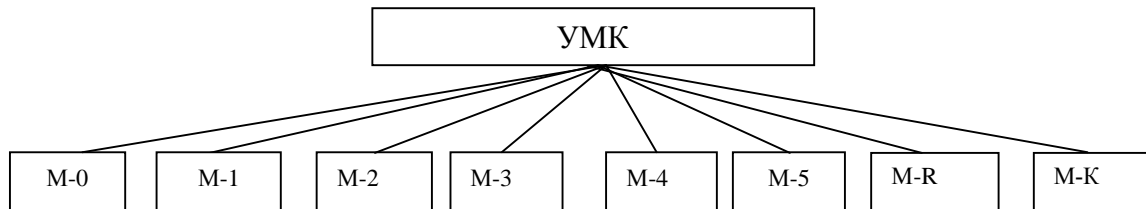


Рисунок 1 – Схема УМК дисциплины «Зоология позвоночных»

Таким образом, структуру курса составляют модули теоретического содержания (М-1, М-2, М-3, М-4, М-5) и модули дополнительного порядка (М-0, М-R, М-K).

Каждый модуль, в свою очередь, включает в себя ряд учебных элементов (УЭ) – как теоретического содержания (УЭ-1, УЭ-2 и т.д.), так и дополнительного порядка (УЭ-0, УЭ-R, УЭ-K). Графическая схема структуры модуля на примере темы «Надкласс Tetrapoda, класс Amphibia» курса «Зоология позвоночных» выглядит следующим образом (рисунок 2):

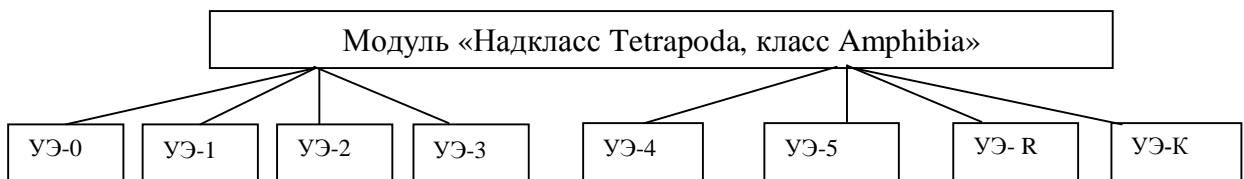


Рисунок 2 – Учебные элементы модуля «Надкласс Tetrapoda, класс Amphibia»

Пояснения к рисунку 2 – название учебных элементов модуля «Надкласс Tetrapoda, класс Amphibia»:

- УЭ-0. Введение в модуль.
- УЭ-1. Внешнее строение земноводных.
 - 1.1. Специфика строения.
 - 1.2. Размножение и развитие (метаморфоз).
 - 1.3. Основные экологические группы амфибий.
 - 1.4. Питание.
 - 1.5. Значение и охрана земноводных.
- УЭ-2. Внутреннее строение земноводных.
 - 2.1. Дыхательная система.
 - 2.2. Пищеварительная система.
 - 2.3. Кровеносная система.
 - 2.4. Мочеполовая система.
 - 2.5. Нервная система и органы чувств.
- УЭ-3. Скелет земноводных.
 - 3.1. Череп.
 - 3.2. Осевой скелет.
 - 3.3. Скелет пояса и свободных верхних конечностей.
 - 3.4. Скелет пояса и свободных нижних конечностей.
- УЭ-4. Систематика земноводных.
 - 4.1. Подкласс Дугопозвонковые.
 - 4.2. Подкласс Тонкопозвонковые.
 - 4.3. Земноводные Беларуси.
- УЭ-5. Происхождение земноводных.
- УЭ-R. Резюме по модулю.
- УЭ-K. Контроль (итоговый) по модулю.

Первый учебный элемент (УЭ-1) – элемент дополнительного порядка. В его состав входит презентация «Класс Амфибии», состоящая из 32 слайдов, и входной тест, включающий 15 тестовых заданий закрытого типа (с выбором ответа).

Следующие учебные элементы (УЭ-1, УЭ-2, УЭ-3) – элементы теоретического содержания. В их составе также выделяются презентации и тесты. Просмотрев и изучив презентацию, можно легко выполнить тест. Тесты включают по 40 тестовых заданий с выбором ответа.

УЭ-4 содержит две презентации. Одна посвящена систематике земноводных, а другая – видам земноводных, обитающим на территории Беларуси. УЭ-5 представлен презентацией по происхождению Земноводных.

Учебный элемент (УЭ-R) – «Резюме по модулю» включает презентацию с ключевыми моментами (выводами) темы «Класс Земноводные», а также глоссарий.

Последний в данном модуле учебный элемент (УЭ-K) – «Контроль по модулю» содержит итоговый тест, состоящий из 65 тестовых заданий.

Презентации создавали с помощью графического редактора Power Point – 2007, входящего в офисный пакет Windows. Приложение PowerPoint превращает введенную текстовую и числовую информацию в профессионально выполненные слайды, наполненные диаграммами, таблицами, графическими иллюстрациями, которые могут использоваться для плодотворной работы с весьма требовательной современной аудиторией. Презентации, выполненные в формате MS PowerPoint, обеспечивают в процессе обучения студентов соблюдение важных дидактических принципов доступности и наглядности. Они могут применяться как для объяснения нового материала (с использованием мультимедийного проектора), так и для самостоятельной работы [3, с. 27]. В презентациях присутствуют и видеоролики, что повышает заинтересованность обучаемых и мотивацию к освоению нового материала.

Тесты нами создавались с помощью программы «Тест – 2009». Программа разработана доцентом кафедры экологии факультета биологии и экологии, кандидатом биологических наук Чайковской Н.А. Программа «Тест – 2009» написана на объективно-ориентированном языке программирования Object Pascal в среде программирования Delphi 7.0 и соответствует основным требованиям, предъявляемым к программам, проводящим тестирование:

- обеспечивает работу с тестом произвольной длины, то есть не имеет ограничения на количество вопросов;
- имеет три возможных варианта работы: вывод всех вопросов из файла полностью, вывод определенного количества вопросов из каждого файла и вывод по одному или больше файлов из каждого раздела;
- вопрос может сопровождаться иллюстрацией;
- для каждого вопроса может быть предоставлено до десяти возможных вариантов ответа со своей оценкой в баллах;
- предоставлена возможность не одного, а двух и более правильных ответов на вопрос;
- может быть принята любая система оценка знаний: по двухбалльной шкале (зачет – незачет), по пятибалльной шкале и по десятибалльной шкале;
- вопросы теста находятся в текстовом файле, защищенном шифрованием;
- программа инвариантна к различным тестам (то есть изменения в тесте не приводят к вынужденным изменениям в программе);
- в программе заблокирована возможность возврата к предыдущему вопросу и пропуск текущего. На предложенный вопрос обязательно должен быть дан ответ;
- в строке состояния вводятся данные об испытуемом и номер вопроса, на который он отвечает в данный момент [4, с. 21].

Таким образом, нами разработан учебно-методический комплекс дисциплины «Зоология позвоночных» и модульная программа «Надкласс Tetrapoda, класс Amphibia», включающая 5 теоретических и 3 дополнительных модуля. Модульная система обучения в значительной степени повышает качество подготовки специалистов, способствует воспитанию кадров нового типа, так как направлена на осуществление непрерывного и ритмичного изучения учебного материала в течение семестра или всего учебного года. Ее назначение – усиление контроля за глубиной и качеством усвоения материала обучаемыми и выработку у них навыков систематической самостоятельной работы.

Список литературы

1. Елизаров, А. С. Информационно-технологическая поддержка деятельности преподавателя по организации самостоятельной работы студентов при обучении иностранному языку [Электронный ресурс]: дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / А. С. Елизаров. – СПб., 2005. – 172 с. – Режим доступа: <http://www.lib.ua-ru.net/diss//con/159745.html>
2. Балькина, Е. Н. Проектирование тестовых сред для модульного учебно-методического комплекса по курсу «Введение в литературоведение» (на примере модуля «Структура художественного произведения») / Е. Н. Балькина, Т. А. Морозова // Многоступенчатое университетское образование: от эффективного преподавания к эффективному учению, Минск, 15 – 16 мая 2003 г. / БГУ, Центр проблем развития образования. – Минск: Прописки, 2003. – С. 173 – 184.
3. Лоу, Д. Power Point 2003 для «чайников» / Д. Лоу, пер. с англ. – М.: Дом «Вильямс», 2004. – 304 с.
4. Созинов, О. В. Информационные технологии в учебной и научной деятельности факультета биологии и экологии / О. В. Созинов, Н. А. Чайковская // Современные инновационные технологии в учебном процессе, научных исследованиях и управлении университетом: тез. докл. участников науч.-практ. конф., Гродно, июнь 2005 г. – Гродно, 2005. – С. 19 – 25.

This paper the developed educational-methodical complex of discipline «Vertebrate Zoology» and «Supraclassis Tetrapoda, classis Amphibia» modular program, including five theoretical and three additional modules describes. The modular training system substantially increases quality of specialist preparation, promotes a new type of education personnel as it is directed on realisation of continuous and rhythmic studying of a teaching material during for a semester or all academic year. It is aimed at control strengthening over depth and quality of trainees learning styles and developing their skills of regular self-study.

Научный руководитель – О. В. Янчуревич, доцент кафедры зоологии и физиологии человека и животных, кандидат биологических наук, доцент.

УДК 611.822.1

О. В. ПАВЛОВА

СТРУКТУРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОТОНЕЙРОНОВ ПЕРЕДНИХ РОГОВ СПИННОГО МОЗГА В ДИНАМИКЕ ХОЛЕСТАЗА У КРЫС

Экспериментальный подпечёночный холестаза у крыс вызывает значительные изменения морфометрических показателей, отражающих функциональное состояние нейронов латерального и медиального ядер передних рогов спинного мозга. Происходит увеличение объема, площади и периметра перикарионов нейронов и их ядер, причем эти изменения больше выражены в латеральном ядре, нежели в медиальном.

Введение. В последние годы особенно актуальной в изучении патологии гепатобилиарной системы становится проблема влияния её дисфункций на другие органы и системы, и поиск средств, профилактики и предотвращения этих нарушений без существенного вмешательства в деятельность организма. В условиях холестаза отмечаются функциональные и морфологические изменения в ЦНС, поэтому выяснение особенностей изменения различных её областей, как отклика на данное патологическое воздействие, является актуальной биомедицинской проблемой [1]. Вместе с тем, исследований, посвященных изучению морфометрических показателей мотонейронов спинного мозга при холестазе в литературе нет.

Патологический процесс начинается с патохимических и молекулярных изменений в структурах, эти изменения играют роль первичных эндогенных механизмов развития патологии – они сами по себе не имеют клинического выражения, а получают это выражение, реализуясь через вызываемые ими патофизиологические механизмы нарушений функций [2]. Структура является главенствующей в запуске всякой болезни, отсюда установление механизмов морфологических и функциональных изменений организма к патологическим воздействиям является главной проблемой современной экспериментальной биологии и медицины [3].

Цель исследования – установить структурные изменения мотонейронов спинного мозга в динамике полного подпечёночного холестаза у крыс.

Объект и методы исследования. В работе использован материал от 80 беспородных белых крыс-самцов массой 200 ± 25 г. Всего было поставлено шесть серий экспериментов, для чего животные были разделены на шесть пар групп (таблица).

Таблица – Количество экспериментальных животных, в сериях полного подпечёчного холестаза

Сутки	Количество животных (штук)	
	контроль	опыт
2	7	7
5	7	6
10	7	7
20	7	7
45	7	7
90	7	4
Итого:	42	38

Крысам опытной группы производили перевязку общего желчного протока на 3-5 мм ниже слияния доле-вых протоков под эфирным наркозом. Крысам контрольной группы проводили ложную операцию: им делали все те же манипуляции, что и опытной группе только проток не перевязывали, т.е. имел место физиологический ток желчи на протяжении всего эксперимента.

Животных содержали в стандартных условиях вивария на полноценном рационе. Соблюдалась идентичность содержания контрольных и опытных животных для исключения вероятностных влияний окружающей среды. При проведении экспериментальных исследований соблюдался принцип гуманного обращения с животными, и учитывались рекомендации Рабочей группы Федерации европейского сообщества по науке о лабораторных животных.

Забой изучаемых животных осуществлялся идентично во всех группах путём декапитации, которую проводили, предварительно усыпив животных парами эфира.

Исследованию подвергали латеральную и медиальную группы мотонейронов передних рогов спинного мозга, поскольку они являются самыми большими клетками и наблюдаемая в клинике неврологическая симптоматика зависит от их деятельности.

Кусочки исследуемых участков спинного мозга, предварительно обработав парами азота, погружали в жидкий азот (-196°C), а затем в криостате (Leica CM 1840, Германия) (-15°C) из них готовили серийные срезы толщиной 20 мкм. Материал для оценки количественного и качественного состояния мотонейронов латерального и медиального ядер передних рогов спинного мозга цитологическими, гистологическими, гистохимическими, морфометрическими методами исследования от контрольных и опытных животных монтировали одним блоком. Это позволяло делать срезы одинаковой толщины и проводить обработку исследуемых материалов в идентичных условиях. Полученные препараты изучали параллельно с помощью светового микроскопа.

Определяли размеры (диаметр, периметр, площадь, объем) и форму – фактор элонгации (aspect) – отношение максимального и минимального диаметров и форм-фактор (circulaty) – отношение 4-х площадей к периметру в квадрате мотонейронов латерального и медиального ядер передних рогов спинного мозга крыс, что позволяло объективно получить морфометрические характеристики данных нейронов.

Полученные цифровые данные морфометрических исследований анализировали методами непараметрической статистики с использованием лицензионной компьютерной программы «Statistica 6.0 for Windows». Значимыми считали различия между контрольными и опытными группами при $p < 0,05$ (U-критерий Манна-Уитни, по тексту – медиана и интерквартильный размах ($\text{Me} \pm \text{IQR}$)).

Используемый комплекс современных методов гистологического исследования: морфометрии, гистохимии, компьютерного анализа изображения, цифрового микрофотографирования, статистического анализа, способствовал получению объективных и достоверных научных данных.

Результаты и их обсуждение. Изучение морфометрических показателей в нейронах латерального и медиального ядер передних рогов спинного мозга крыс в динамике экспериментального подпечёчного холестаза (2, 5, 10, 20, 45, 90 суток) показало развитие значительных изменений всех изученных морфометрических показателей мотонейронов. Первые изменения определяются на вторые сутки эксперимента.

Для перикарионов нейронов медиального ядра спинного мозга статистически достоверным является уменьшение малого радиуса на 6,3 % ($Z=2,71$; $p=0,01$), увеличение фактора элонгации на 0,6 % ($Z=-2,14$; $p=0,03$). Ядра нейронов данной структуры передних рогов характеризуются уменьшением фактора элонгации на 1,6 % ($Z=2,00$; $p=0,05$).

Перикарионы клеток латерального ядра спинного мозга статистически достоверно реагируют уменьшением площади на 3,7 % ($Z=2,00$; $p=0,05$). Ядра нейронов данного ядра передних рогов спинного мозга крыс характеризуются уменьшением малого радиуса на 4,1 % ($Z=2,14$; $p=0,03$).

Стаз в течение 5 суток способствует увеличению большого радиуса на 13,4 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$) в перикарионах нейронов медиального ядра спинного мозга, увеличению объема на 19,1 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), увеличению фактора элонгации на 2,9 % ($Z=-2,43$; $p=0,02$), увеличению площади на 8,0 % ($Z=-2,29$; $p=0,02$). Ядра нейронов данной структуры передних рогов характеризуются увеличением площади на 5,5 % ($Z=-2,29$; $p=0,02$), увеличением фактора элонгации на 14,2 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), увеличением малого радиуса на 5,1 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), увеличением периметра на 7,2 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$) и уменьшением форм фактора на 6,9 % ($Z=3,00$; $p=0,003$).

В перикарионах клеток латерального ядра спинного мозга в течение 5 суток эксперимента статистически достоверным является увеличение площади на 8,9 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), увеличение фактора элонгации на 9,9 %

($Z=-2,86$; $p=0,004$), увеличение периметра на 4,7 % ($Z=-2,43$; $p=0,02$), увеличение форм-фактора на 6,06 % ($Z=-2,29$; $p=0,022$), уменьшение большого радиуса на 4,7 % ($Z=-2,29$; $p=0,02$), увеличение объёма на 7,2 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$). Для ядер нейронов данной структуры передних рогов характерно увеличение площади на 4,6 % ($Z=-2,286$; $p=0,022$), увеличение малого радиуса на 17,3 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), увеличение форм-фактора на 3,5 % ($Z=-2,86$; $p=0,004$), увеличение периметра на 12,3 % ($Z=-2,86$; $p=0,004$), увеличение объёма на 16,4 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$).

При десятисуточном холестазах у экспериментальных животных в исследованных морфометрических показателях перикарионов нейронов как латерального, так и медиального ядер происходят существенные изменения. Для перикарионов нейронов медиального ядра спинного мозга статистически достоверным является увеличение площади на 22,0 % ($Z=-2,43$; $p=0,02$), фактора элонгации на 13,3 % ($Z=-2,71$; $p=0,01$), большого и малого радиуса на 27,7 % ($Z=-2,86$; $p=0,004$) и на 31,7 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$) соответственно, периметра на 16,0 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$) и объёма на 46,5 % ($Z=-2,14$; $p=0,032$). Для ядер нейронов данной структуры передних рогов характерно уменьшение форм-фактора на 5,8 % ($Z=3,00$; $p=0,003$) и увеличение всех остальных морфометрических показателей: площади на 23,6 % ($Z=-2,57$; $p=0,01$), фактора элонгации на 16,8 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), большого радиуса на 20,3 % ($Z=-2,71$; $p=0,01$), малого радиуса на 11,2 % ($Z=-2,43$; $p=0,02$), периметра на 13,7 % ($Z=-2,57$; $p=0,01$) и объёма на 26,6 % ($Z=-2,71$; $p=0,01$).

В перикарионах клеток латерального ядра спинного мозга статистически достоверным является увеличение площади на 13,6 % ($Z=-2,43$; $p=0,02$), фактора элонгации на 17,9 % ($Z=-2,14$; $p=0,03$), малого радиуса на 28,3 % ($Z=-2,57$; $p=0,010$), периметра на 9,7 % ($Z=-2,43$; $p=0,015$) и объёма на 21,1 % ($Z=-2,57$; $p=0,01$). Для ядер нейронов данного ядра передних рогов спинного мозга крыс характерно уменьшение форм-фактора на 12,9 % ($Z=3,00$; $p=0,003$) и увеличение всех остальных показателей: площади на 25,5 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), фактора элонгации на 39,1 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), большого радиуса на 17,8 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$), периметра на 21,6 % ($Z=-2,86$; $p=0,004$) и объёма на 41,5 % ($Z=-3,00$; $p=0,003$).

По истечении двадцати суток эксперимента в нейронах латерального и медиального ядер передних рогов спинного мозга наблюдается увеличение фактора элонгации на 14,5 % ($Z=-2,75$; $p=0,01$) в перикарионах нейронов латерального ядра спинного мозга. Для ядер нейронов латерального ядра характерно увеличение фактора элонгации на 5,0 % ($Z=2,49$; $p=0,01$), уменьшение форм-фактора на 47,2 % ($Z=2,36$; $p=0,02$).

В перикарионах нейронов медиального ядра спинного мозга статистически достоверным является увеличение фактора элонгации на 12,0 % ($Z=-2,49$; $p=0,01$) и уменьшение форм-фактора на 3,1 % ($Z=1,98$; $p=0,05$). Для ядер нейронов латерального ядра характерно увеличение фактора элонгации на 12,6 % ($Z=2,49$; $p=0,01$), уменьшение форм-фактора на 2,3 % ($Z=1,98$; $p=0,05$).

Последствия сорокапятисуточного холестаза вызывают статистически достоверное уменьшение фактора элонгации на 5,6 % ($Z=2,08$; $p=0,04$) в перикарионах нейронов латерального ядра спинного мозга, увеличение большого радиуса на 5,6 % ($Z=-2,72$; $p=0,01$) и увеличение малого радиуса на 11,5 % ($Z=-2,56$; $p=0,01$), увеличение периметра на 10,1 % ($Z=-2,40$; $p=0,02$), увеличение площади на 15,2 % ($Z=-2,24$; $p=0,03$). Ядра нейронов данной структуры передних рогов характеризуются увеличением форм-фактора на 5,0 % ($Z=-2,56$; $p=0,01$) и уменьшением фактора элонгации на 13,0 % ($Z=2,72$; $p=0,01$).

Для ядер нейронов медиального ядра передних рогов спинного мозга крыс характерно уменьшение форм-фактора на 5,1 % ($Z=2,08$; $p=0,04$).

Последствия холестаза через 90 суток практически не оказывают существенного влияния на изученные показатели со стороны мотонейронов латерального и медиального ядер передних рогов спинного мозга крыс, хотя для некоторых показателей эти изменения являются статистически достоверными: для перикарионов нейронов медиального ядра спинного мозга статистически достоверным является уменьшение малого радиуса на 1,6 % ($Z=2,08$; $p=0,04$), уменьшение форм фактора на 2,9 % ($Z=2,65$; $p=0,01$), уменьшение периметра на 1,3 % ($Z=2,65$; $p=0,01$). Ядра нейронов данной структуры передних рогов характеризуются уменьшением форм фактора на 2,3 % ($Z=2,65$; $p=0,01$) и увеличением объёма на 4,4 % ($Z=-2,65$; $p=0,01$).

В перикарионах клеток латерального ядра спинного мозга статистически достоверно увеличивается объём на 2,8 % ($Z=-2,65$; $p=0,01$). Для ядер нейронов данного ядра передних рогов спинного мозга крыс характерно уменьшение площади на 4,2 % ($Z=2,65$; $p=0,01$), уменьшение малого радиуса на 3,0 % ($Z=2,65$; $p=0,01$), уменьшение форм фактора на 2,3 % ($Z=2,65$; $p=0,01$).

Экспериментальный подпечёночный холестаза оказывает выраженное действие на морфометрические показатели перикарионов и ядер мотонейронов латерального и медиального ядра передних рогов спинного мозга крыс. Первые изменения определяются на 2-е сутки эксперимента, на 10-20 сутки достигают максимума; через 45 суток эксперимента происходит нормализация размеров и формы мотонейронов спинного мозга; через 90 суток происходит полное восстановление всех изученных морфометрических показателей структуры мотонейронов. Холестаза способствует более сильным морфометрическим изменениям в нейронах латерального ядра, более резистентное к холестазу медиальное ядро, поскольку оно развито на всем протяжении спинного мозга и иннервирует мышцы туловища.

Заключение. Экспериментальный подпечёночный холестаза приводит к изменению всех изученных морфометрических показателей в перикарионах и ядрах латерального и медиального ядра передних рогов спинного мозга. Холестаза способствует более выраженным морфометрическим изменениям в нейронах латерального ядра.

Список литературы

1. Чепур, С. В. Морфофункциональная характеристика структур нервной системы в норме и закономерности их изменений при печёночной энцефалопатии: автореф. дис. д-ра мед. наук: 14.00.23 / С. В. Чепур. – СПб., 2003. – 44 с.
2. Крыжановский, Г. Н. Дизрегуляторная патология / Г. Н. Крыжановский. – М., 2002. – 96 с.
3. Саркисов, Д. С. Общая патология человека / Д. С. Саркисов, М. А. Пальцев. – М., Медицина, 1995. – 272 с.

Experimental subhepatic cholestasis at rats invokes significant morphometrical indicators in neurons of lateral and medial kernels of forward horns of a spinal cord. The similar picture is characteristic for swelling of cages at destruction of their cytoskeleton. These greatest changes are defined in a lateral kernel of forward horns of a spinal cord.

Научный руководитель – С. В. Емельянич, доцент кафедры зоологии и физиологии человека и животных, кандидат медицинских наук, доцент.

УДК 598.2

С. У. САКОВІЧ

**ПАРАЎНАННЕ СПЕКТРАЎ ХАРЧАВАННЯ ЗВЫЧАЙНАЙ ПУСТАЛЬГІ
(*FALCO TINNUNCULUS*) НА АБРАНЫХ ГНЁЗДАХ ЗА 2010 – 2011 гг. у г. ГРОДНА
(Заходняя Беларусь)**

Параўноўваючы спектр харчавання звычайнай пустальгі на працягу двух сезонаў з двух гнездавых участкаў, якія знаходзіліся ў цэнтры і на паўднёва-ўсходнім ускраіку г. Гродна, атрымалі дадзеныя пра перавагу ў харчаванні віду мышпадобных грызуноў (ад 78 % да 97,5 % ад усіх здабыч на розных гнёздах і 85,2 % ад усіх здабыч на працягу абодвух гнездавых сезонаў). Іншыя катэгорыі здабычы: вераб'іныя птушкі, яшчаркі і жукі па асобнасці не перавышалі 9 % ад агульнага ліку здабыч. Таксама знойдзены статыстычна даставерныя адрозненні ў спектры харчавання паміж птушкамі розных гнездавых участкаў. Яго магчымыя прычыны абмяркоўваюцца ў тэксце.

Уводзіны. Звычайная пустальга ў Беларусі з'яўляецца нешматлікім, пералётным і транзітна мігрыруючым відам птушак, які зрэдку застаецца ў нас на зімоўку [1]. Від занесены ва ўсе выданні Чырвонай кнігі Рэспублікі Беларусь і мае III катэгорыю аховы. Агульная яго колькасць на тэрыторыі нашай краіны ацэньваецца ў 1200-1700 пар [2].

Харчаванне з'яўляецца важнейшым фактарам, які аказвае ўздзеянне на экалогію драпежнікаў: напрыклад, на шчыльнасць і поспех гнездавання. Такім чынам вывучэнне харчавання віду дае падставовую інфармацыю для разумення яго папуляцыйнай экалогіі [3]. Дадзеныя па спектру і рацыёну харчавання відуў мінулым для сакалоў з Беларусі фрагментаваныя, а асаблівасці ўрбанізаваных папуляцый пустальгі толькі пачынаюць вывучацца [1, 4, 5].

У горадзе Гродна як мінімум некалькі апошніх год існуе ўрбанізаваная папуляцыя гэтага віду, птушкі з якой выбіраюць для гнездавання нішы на гарадскіх будынках і іншага кшталту пабудовах: вентыляцыйных нішах на паддашшах, у сценах і ў шахтах ліфтоў шматпавярховых дамоў, разнастайных нішах ў металічнай канструкцыі перакрыццяў тэлевізійнай вежы, ніша за статуяй на фасадзе бернардынскага касцёлу і нават адкрыты дэкратыўны балкончык на 9-ці павярховым доме. Колькасць іх тут складае прыкладна 10 – 15 гнездавых пар і мае тэндэнцыю да штогадовага павелічэння. Гэты працэс можа быць звязаны як з экспансіяй “гарадзкіх” папуляцый віду з захаду на ўсход, так і з павялічэннем колькасці мясцовых птушак, якія для гнездавання выбіраюць менавіта населеныя пункты [5].

Мэтай нашага даследавання было вызначэнне і параўнанне спектраў харчавання (працэнтнай долі розных катэгорый ахвяраў у харчаванні за пэўны прамежак часу) звычайнай пустальгі ў горадзе Гродна за гнездавыя сезоны 2010 – 2011 гг. Для дасягнення пастаўленай мэты даследавання мы вылучылі наступныя задачы: 1) вызначыць спектр харчавання звычайнай пустальгі на абраных гнёздах у г. Гродна за гнездавыя сезоны 2010 – 2011 гадоў; 2) параўнаць атрыманыя спектры харчавання пустальгі за гнездавыя сезоны 2010 – 2011 гадоў паміж сабой.

Метады даследавання. Для дасягнення пастаўленых задач на працягу двух гнездавых сезонаў 2010 – 2011 гадоў (з I па IV гнездавыя перыяды) мы збіралі выплюккі і рэшткі ахвяраў пустальгі з двух месцаў гнездавання. Гняздо № 1 знаходзілася ў цэнтральнай частцы горада і размяшчалася за статуяй на фасадзе бернардынскага касцёла. Матэрыял па харчаванню гэтай пары быў сабраны толькі з іх гнязда пераважна ад птушанят, асобна на працягу двух гнездавых сезонаў.

Другое месца гнездавання (умоўна гняздо № 2) знаходзілася на паўднёва-усходняй ускраіне горада на вул. Паўднёвая. Матэрыял па харчаванню тут быў сабраны ад птушанят і дарослых птушак (аналізавалі разам) з двух гнёздаў, так як гнездавая пара змяняла на працягу двух гадоў гнездавую нішу. Гнездавыя нішы размяшчаліся ў вентыляцыйных адтулінах дзевяціпавярховых жылых дамоў, якія знаходзяцца па суседстве на адлегласці каля 100 м. Частку сабранага тут матэрыялу па харчаванні не атрымалася аднесці дакладна да аднаго з двух гнездавых сезонаў, таму атрыманыя дадзеныя за гнездавыя сезоны 2010 і 2011 гг. аналізавалі разам.

Увесь матэрыял з кожнага абранага намі гнязда аналізаваўся і інтэрпрэтаваўся намі паводле метадыкі, падрабязна апісанай для поплаўнага луны (*Circus pygargus*) [6, 7, 8]. Кожны збор матэрыяла для кожнага гнязда мы аналізавалі асобна. Аналіз гнездавых выплюкоў, у адрозненні ад аналізу выплюкоў, якія былі сабраны з месц раздзірання здабычы ці адпачынку, мае свае асаблівасці, бо дарослыя птушкі могуць скармліваць адну здабычу больш чым аднаму птушаню. І каб мінімізаваць магчымасць шматкратнага ўліку адной і той жа ахвяры, мы аналізавалі ўсе костныя рэшткі разам з некалькіх выплюкоў птушанят, якія збіралі за адзін візіт на гняздо.

Пры аналізе намі былі вызначаны наступныя катэгорыі здабычы (табліца 1):

- бліжэй не вызначаныя мышападобныя грызуны (уключаюць як дробных прадстаўнікоў Rodentia, так і, магчыма, у невялікай колькасці Sorecidae);
- бліжэй не вызначаныя шэрыя палёўкі *Microtus* spp.;
- звычайная палёўка *M. arvalis* (магчыма, што як мінімум некаторыя рэшткі ад здабыч у гэтай катэгорыі належаць да *M. rossiae-meridionalis*);
- палёўка-эканомка (*M. oeconomus*);
- бліжэй не вызначаныя мышы *Apodemus* spp. (магчыма, як мінімум некаторыя рэшткі ад *Micromys minutus* і/ці *Mus musculus*);
- яшчаркі *Lacerta / Zootoca* spp. (*Lacerta agilis / Zootoca vivipara*);
- бліжэй не вызначаныя вераб'іныя птушкі;
- бліжэй не вызначаныя сярэдняга памеру і вялікія жукі Coleoptera.

Вынікі даследавання і іх абмеркаванне. Аснову спектра харчавання сакалоў у гнездавыя сезоны 2010 – 2011 гг. на абраных гнёздах складалі мышападобныя грызуны (табліца 1). Падобны вынік быў атрыманы намі для 5 гнёздаў з Гродна для гнездавога сезону ў 2011 г., калі іх доля на розных гнёздах склала ад 66,7% да 93,2% ад усіх здабыч, для ўсіх гнёзд – 83,4% [1].

Табліца 1 – Спектр харчавання пустальгі ў г. Гродна на абраных гнёздах за 2010 – 2011 гг.

№ гнязда	памер выбаркі	Доля розных катэгорый здабычы (%)							
		Бліжэй не вызн. мышападобныя грызуны	<i>Microtus</i> spp.	<i>M. arvalis</i>	<i>M. oeconomus</i>	<i>Apodemus</i> spp.	вераб'іныя птушкі	<i>Lacerta / Zootoca</i>	<i>Coleoptera</i>
1. (2010)	148	54,1	12,2	22,3	3,4	1,4	1,4	4,1	1,4
1. (2011)	40	47,5	15	32,5	0	2,5	0	2,5	0
2. (2010-2011)	227	40,1	11,5	24,2	2,2	0	7,9	8,4	5,7
Агулам	415	45,8	12,0	24,3	2,4	0,7	4,8	6,3	3,6

Доля мышападобных грызуноў (як аб'яднанай катэгорыі здабычы) складала па розных гнёздах ад 78 % да 97,5 % і 85,2 % для ўсіх гнёздаў разам (адпаведныя выбаркі гл. табліцу 1). Сярод іх часцей за ўсё сустракаліся палёўкі роду *Microtus* – ад 37,9 % да 47,5 % для розных гнёздаў і 38,7 % для ўсіх гнёздаў. А менавіта шэрая палёўка *Microtus arvalis* з доляй па розных гнёздах ад 22,3 % да 32,5 % і 24,3 % для ўсіх, а таксама палёўка-эканомка *Microtus oeconomus* – ад 0 да 3,4 % для розных гнёздаў і 2,4 % для ўсіх агулам. Радзей сярод мышападобных грызуноў сустракаліся мышы роду *Apodemus*. Іх доля складала па розных гнёздах ад 0 да 2,5 % і 0,7 % для ўсіх агулам. Невялікай атрымалася доля вераб'іных птушак (ад 0 да 7,9 % для розных гнёздаў і 4,8 % агулам) і яшчарак *Lacerta / Zootoca* – ад 2,5 % да 8,4 % для розных гнёздаў і 6,3 % для ўсіх. Зусім нязначнай была доля насякомых (аград Coleoptera) – 3,6 % для ўсіх гнёздаў агулам.

Доля розных катэгорый здабычы у спектры харчавання пустальгі з касцёла (гняздо № 1) паміж сезонамі гнездавання ў 2010 і 2011 гг. статыстычна не адрознівалася ні цалкам (для параўнання ў гэтым і іншых выпадках першыя 5 катэгорый здабычы з табліцы 1 былі аб'яднаныя ў адну – мышападобныя грызуны, $df = 3$, $\chi^2=1,222$; $p < 0,7476$), ні пры параўнанні долі асобных катэгорый паміж сабой (двухбаковы тэст на параўнанне двух прапорцый, ва ўсіх выпадках вынік NS) (табліца 2).

Табліца 2 – Параўнанне асобных катэгорый здабычы паміж гнёздамі №№ 1 і 2 за сезоны 2010 – 2011 гг. двухбаковым тэстам для параўнання двух прапорцый

№№ гнёздаў, дачынення з якіх параўноўваліся	Катэгорыі здабычы, якія параўноўваліся			
	Мышападобныя грызуны	Бліжэй не вызначаныя вераб'іныя птушкі	<i>Lacerta / Zootoca</i>	<i>Coleoptera</i>
№ 1 (2010) і № 1 (2011)	$p < 0,2985$	$p < 0,45$	$p < 0,64$	$p < 0,45$
№ 1 і № 2	$p < 0,00001$	$p < 0,001$	$p < 0,05$	$p < 0,01$

Пры параўнанні спектру харчавання сакалоў з розных месцаў гнездавання за абодва сезоны, адрозненні былі знойдзены як паміж усімі катэгорыямі здабычы разам ($df = 3$, $\chi^2=15,518$; $p < 0,001$), так і паміж усімі буйнымі катэгорыямі па асобку (табліца 2).

Знойдзеныя адрозненні ў спектры харчавання птушак з розных гнёздаў (табліца 2) могуць мець розныя і разнастайныя прычыны [6].

1. Сокалы з розных месяцаў гнездавання ў горадзе могуць, і хутчэй за ўсё, палююць у розных месцах і там мышападобныя грызуны (як асноўная здабыча) могуць быць не аднолькава даступнымі праз увесь сезон гнездавання.
2. Асобныя птушкі могуць мець розныя ўпадабанні да розных катэгорый здабычы.
3. Дарослыя птушкі могуць харчавацца (ў некаторай ступені) іншай здабычай, чым кормяць сваіх птушанят. Таму спектры харчавання ад пар, дзе матэрыял збіраўся толькі з гнёздаў (як для гнязда № 1) і ад тых, дзе былі знойдзены яшчэ рэшткі харчавання дарослых птушак, могуць адрознівацца і па гэтай прычыне.
4. Спектры харчавання нават тых самых птушак пад час розных перыядаў гнездавання могуць адрознівацца, таму гэта яшчэ адна магчымая прычына адрозненняў для матэрыялу па харчаванню, сабранаму толькі з гнёзд (фактычна за III перыяд – «nestlings period») – як на гняздзе № 1, і там, дзе матэрыял атрымалася сабраць пераважна для першых 3-х перыядаў гнездавання – як для гнездавага ўчастку № 2.

Заклучэнне. Самай важнай здабычай для птушак з абодвух гнездавых участкаў у г. Гродна на працягу двух сезонаў гнездавання ў 2010 – 2011 гг. былі мышападобныя грызуны (як зборная катэгорыя): ад 78 % да 97,5 % ад усіх здабыч на розных гнёздах і 85,2 % для абодвух гнёздаў разам. Іншыя катэгорыі здабычы: вераб'іныя птушкі, яшчаркі і буйныя насякомыя – ні на водным гняздзе ні ў адзін з сезонаў гнездавання не складалі больш 9 %. Аднак пры параўнанні як асобных катэгорый здабыч, так і ўсяго спектру харчавання сакалоў паміж двума гнездавымі ўчасткамі адзначана іх статыстычна даставернае адрозненне, якое можа быць выклікана разнастайнымі прычынамі. Дакладнае выясненне прычын знойдзеных адрозненняў патрабуе дадатковых даследаванняў.

Спіс літаратуры

1. Саковіч, С. У. Спектр харчавання ўрбанізаванай папуляцыі звычайнай пустальгі (*Falco tinnunculus*) у горадзе Гродна (Беларусь) / С. У. Саковіч, Дз. Я. Вінчэўскі // Зоологические чтения 2012, посвящ. 250-летию профессора С.Б. Юндзилла (1761 – 1847): материалы республ. научно-практ. конф., Гродно, 2 – 4 марта 2012 г. – Гродно: ГрГМУ, 2012. – С. 132 – 135.
2. Красная книга Республики Беларусь. Животные. – Минск: БелЭн, 2006. – 320 с.
3. Галушин, В. М. Роль хищных птиц в экосистемах / В. М. Галушин // Итоги науки и техники. Сер. Зоол. позв. – Т. 11. Роль птиц в экосистемах. – М., 1982. – С. 158 – 220.
4. Минич, А. Численность и распространение пустельги обыкновенной (*Falco tinnunculus* L., 1758) в г. Брест. / А. Минич, Д. Табунов, А. Кивачук // Состояние и перспективы охраны животного мира Гродненской области и сопредельных территорий: сб. материалов III Гродненской обл. открытой зоол. конф. учащихся, посв. 200-летию издания проф. С.Б. Юндзиллом первых учебников зоологии для школ Беларуси., Гродно, 16 – 18 февраля 2007 г. – Гродно, 2007. – С. 72 – 77.
5. Вінчэўскі, Дз. Я. Паляванне звычайнай пустальгі (*Falco tinnunculus*) у г. Гродна і наваколлі / Дз. Я. Вінчэўскі, С. У. Саковіч // Актуальные проблемы экологии, посв. 225-летию Константина Тызенгауза (1786 – 1853): материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 26 – 28 октября 2011 г. – Гродно: ГрГМУ, 2011. – С. 67 – 68.
6. Винчевский, Д. Е. Селективное поедание разных частей некрупной добычи луговыми лунами (*Circus pygargus* L.) в западной Беларуси / Д. Е. Винчевский // Новітні досліжэння Соколоподібніх та Сов: материалы III Міжнар. наук. конф. «Хижі птахі Украіны», Кривий Ріг, 24 – 25 августа 2008 г. – Кривий Ріг, 2008. – С. 58 – 64.
7. Vintchevski, Dz. Zmiany składu pokarmu błotniaka łąkowego *Circus pygargus* w trakcie trwania sezonu lęgowego na obszarze zachodniej Białorusi / Dz. Vintchevski // Wiącek, J., Polak, M., Kucharczyk, M., Grzywaczewski, G., Jerzak, L. Ptaki – Środowisko – Zagrożenia – Ochrona. Wybrane aspekty ekologii ptaków. – Lublin: LTO, 2009. – P. 295 – 307.
8. Vintchevski, Dz. Comparison of a diet of the Montagu's Harrier (*Circus pygargus* L.) during breeding season in two distinct plots in the Western Belarus / Dz. Vintchevski, A. Yasievitch // Stud. i Mat. CEPL. – 2009. – 3 (22) – P. 110 – 117.

We analyzed a diet of 2 pairs of Common Kestrel nesting in 2010 – 2011 at different parts of the city Hrodna (W Belarus). Main category of prey for falcons were small rodents (mainly *M. arvalis* & *M. oeconomus*) – 85,2% of all prey items (n=415). But at different nests we found different importance of that and other categories of prey. Possible causes of differences are discussed.

Навуковы кіраўнік – Д. Я. Вінчэўскі, выкладчык кафедры заалогіі і фізіялогіі чалавека і жывёл.

УДК 591.524.1(28):594.3

Д. С. ТРУХАН

ФАУНИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОЛЛЮСКОВ ВОДОЕМОВ г. ГРОДНО

Изучался видовой состав моллюсков литоральной зоны водоемов г. Гродно в полевой сезон 2011 г. Исследовано 5 водоемов как искусственного, так и естественного происхождения. Определяли численность и распределение моллюсков по водоемам. Анализировали общее доминирование, степень доминирования вида в сборе, степень постоянства вида, степень общности видовой разнообразия моллюсков исследуемых водоемов. Установлен видовой состав малакофауны водоемов, представленный 9 видами. Выявлено, что самыми распространенными видами в исследованных водоемах на территории г. Гродно являются *Limnaea stagnalis* и *Planorbium corneus*, обитающие в воде повышенного загрязнения.

Введение. Моллюски – важнейшая и неотъемлемая часть животного мира, всестороннее изучение которой в настоящее время представляет большой интерес. Моллюски имеют большое значение в биологической

очистке вод и деструкции органики, являются мощными естественными очистителями воды (биофильтраторами), некоторые виды способствуют обеззараживанию водоемов от яиц аскарид. Загрязнение вод, прежде всего, сказывается на численности, а также на видовом составе отдельных популяций моллюсков. В тоже время они могут приносить вред здоровью человека и животных, являясь промежуточными хозяевами личинок трематод; выводить из строя подводные технические сооружения, образуя мощные обрастания, становясь причиной порчи питьевой воды. Данная многочисленная группа организмов представляет большой интерес как с точки зрения их практического использования, так и с точки зрения изучения биологического значения моллюсков и той экологической ниши, которую они занимают. *Целью данной работы* является выявление видового состава моллюсков водоемов г. Гродно, определение их численности и изучение распределения по водоемам.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в полевой сезон 2011 года. Исследовано 5 водоемов: два искусственных пруда по улице Курчатова (пруд № 1, пруд № 2), искусственный пруд вблизи предприятия «Мясокомбинат» (пруд № 3), искусственный пруд по улице Карского (пруд № 4), водоем естественного происхождения вблизи промышленного предприятия ОАО «Азот» (пруд № 5). Для изучения использовали метод пробных (тестовых) площадок, размером 1x1 м. В среднем, на один водоем закладывали по 10 площадок, местоположение которых выбирали случайным образом в пределах изучаемого биотопа. Сбор моллюсков производили ручным способом и с помощью водного сачка. Анализировалось общее доминирование [1, с. 162; 2, с. 126], степень доминирования вида в конкретном водоеме [3, с. 163], степень постоянства вида [4, с. 141], степень общности видового разнообразия [5, с. 96]. Определение видового состава велось по определителю пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР [6].

Результаты и обсуждение. Собрано и определено 625 экземпляров моллюсков, относящихся к 9 видам, 6 родам, 6 семействам и двум классам: *Viviparus contectus* Mull., *Bithynia tentaculata* L., *Planorbarius corneus* L., *Planorbis nitidus* L., *Limnaea stagnalis* L., *Limnaea ovata* Drap., *Limnaea auricularia* L., *Valvata piscinalis* Mull., *Sphaerium corneum* L.

Из всех собранных и определенных в ходе исследования 9 видов моллюсков, только 1 вид относится к классу *Bivalvia* – это *Sphaerium corneum*. Этот вид найден только в двух водоемах и небольших количествах. В структуре видов большую часть занимают брюхоногие моллюски, составляющие 88,89 % от общего количества собранных видов (рисунок 1) и 99,04 % от количества собранных экземпляров (рисунок 2).

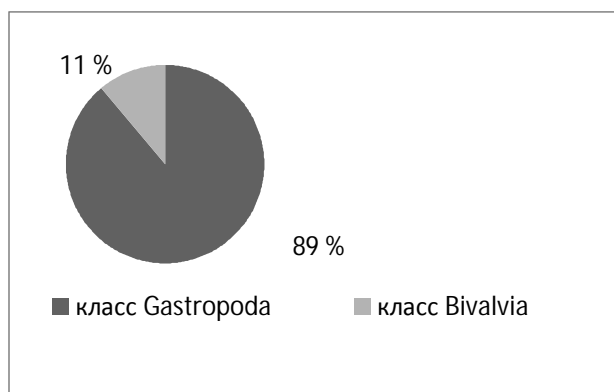


Рисунок 1 – Видовое соотношение брюхоногих и двустворчатых моллюсков

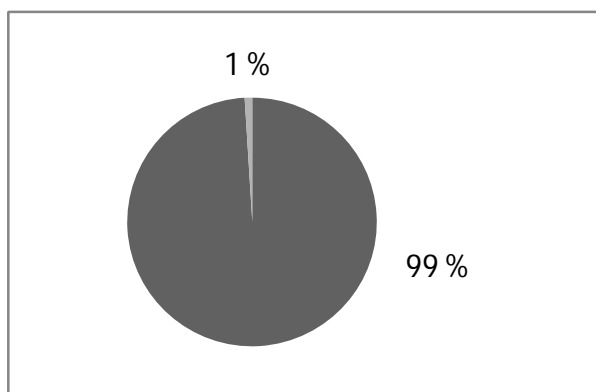


Рисунок 2 – Количественное соотношение брюхоногих и двустворчатых моллюсков

Самым богатым по видовому составу оказался пруд возле мясокомбината. Восемь выявленных видов зарегистрированы именно в нем. В этом водоеме и водоеме по улице Карского найден единственный вид двустворчатого моллюска *S. corneum* (таблица 1).

Таблица 1 – Численность и распределение моллюсков по водоемам г. Гродно

Вид	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3	Пруд № 4
1. <i>Planorbarius corneus</i>	7	22	27	1
2. <i>Limnaea stagnalis</i>	9	76	10	14
3. <i>Planorbis nitidus</i>	-	2	-	-
4. <i>Limnaea auricularia</i>	-	-	6	1
5. <i>Limnaea ovata</i>	-	-	6	4
6. <i>Valvata piscinalis</i>	-	-	112	-
7. <i>Bithynia tentaculata</i>	-	-	13	8
8. <i>Viviparus contectus</i>	-	-	247	54
9. <i>Sphaerium corneum</i>	-	-	5	1
Всего	16	100	426	83

В водоеме вблизи промышленного предприятия ОАО «Азот» моллюсков не обнаружено.

Общее доминирование определялось процентным отношением числа всех собранных особей данного вида к общему числу всего сбора. Для установления структуры доминирования использовали шкалу Ренконена.

Анализ общего доминирования показал, что четыре вида из девяти являются доминантными: *V. contectus*, *V. piscinalis*, *L. stagnalis* и *P. corneus*, коэффициент доминирования которых составил 48,16 %; 17,92 %; 17,44 % и 9,12 % соответственно. *B. tentaculata* и *L. auricularia* являются субдоминантными видами (3,36 % и 1,12 %). *L. ovata* является рецедентом (ОД = 1,6). Два вида: *S. corneum* и *P. nitidus*, с коэффициентом общего доминирования 0,96 % и 0,32 % соответственно, являются субрецедентами (таблица 2).

Таблица 2 – Общее доминирование видов в сборе

Вид	Количество экземпляров	Общее доминирование (ОД) %
1. <i>Planorbarius corneus</i>	57	9,12
2. <i>Limnaea stagnalis</i>	109	17,44
3. <i>Planorbis nitidus</i>	2	0,32
4. <i>Limnaea auricularia</i>	7	1,12
5. <i>Limnaea ovata</i>	10	1,6
6. <i>Valvata piscinalis</i>	112	17,92
7. <i>Bithynia tentaculata</i>	21	3,36
8. <i>Viviparus contectus</i>	301	48,16
9. <i>Sphaerium corneum</i>	6	0,96
Всего	625	

Степень доминирования показывает долю данного вида в определённом водоеме. Анализ степени доминирования показал, что в 2 водоемах по улице Курчатова (№ 1 и № 2) доминантным видом является *L. stagnalis* (56,25 % и 76,0 % соответственно), в водоеме по улице Карского и водоеме в районе предприятия «Мясокомбинат» – *V. contectus*, (65,06 % и 57,98 % соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Степень доминирования вида в сборе

Вид	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3	Пруд № 4
1. <i>Planorbarius corneus</i>	43,75	22,0	6,34	1,20
2. <i>Limnaea stagnalis</i>	56,25	76,0	2,35	16,87
3. <i>Planorbis nitidus</i>	-	2,0	-	-
4. <i>Limnaea auricularia</i>	-	-	1,41	1,20
5. <i>Limnaea ovata</i>	-	-	1,41	4,82
6. <i>Valvata piscinalis</i>	-	-	26,29	-
7. <i>Bithynia tentaculata</i>	-	-	3,05	9,64
8. <i>Viviparus contectus</i>	-	-	57,98	65,06
9. <i>Sphaerium corneum</i>	-	-	1,17	1,20

Степень постоянства видов определялась по методу Тишлера в модификации Чеховского. Согласно методу, виды делятся на 5 категорий: 1 – абсолютно постоянный вид (встречается во всех водоемах), 2 – постоянный вид (встречается в 80 % водоемов), 3 – относительно постоянный (в 60 %), 4 – добавочный (в 40 %) и 5 – случайный (в 20 %). Постоянными видами являются *L. stagnalis* и *P. corneus*, так как хоть и в небольших количествах, но встречаются в 4-х водоемах. *L. auricularia*, *L. ovata*, *B. tentaculata*, *V. contectus*, *S. corneum* добавочные виды. Случайным видом является *P. nitidus*. *V. piscinalis* также случайный вид, так как хоть и в больших количествах, но встречается только в водоёме, расположенном вблизи мясокомбината (таблица 4).

Таблица 4 – Степень постоянства видов

Вид	Количество биотопов с данным видом	% встречаемости	Категория вида
1. <i>Planorbarius corneus</i>	4	80	постоянный
2. <i>Limnaea stagnalis</i>	4	80	постоянный
3. <i>Planorbis nitidus</i>	1	20	случайный
4. <i>Limnaea auricularia</i>	2	40	добавочный
5. <i>Limnaea ovata</i>	2	40	добавочный
6. <i>Valvata piscinalis</i>	1	20	случайный
7. <i>Bithynia tentaculata</i>	2	40	добавочный
8. <i>Viviparus contectus</i>	2	40	добавочный
9. <i>Sphaerium corneum</i>	2	40	добавочный

Для определения степени общности видовой разнообразия использовали коэффициент Жаккара.

Таблица 5 – Степень общности видового разнообразия

Водоём	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3	Пруд 4
Пруд 1		0,66	0,29	0,25
Пруд 2	0,66		0,25	0,22
Пруд 3	0,29	0,25		0,88
Пруд 4	0,25	0,22	0,88	

Анализ степени общности видового разнообразия показал, что большое соответствие видового состава моллюсков наблюдается между водоемами по улице Курчатова (№ 1 и № 2), и между водоемами по улице Карского и вблизи предприятия «Мясокомбинат» (№ 3 и № 4). В остальных случаях между водоемами наблюдается лишь малое соответствие видового состава (таблица 5).

Заключение. Фауна моллюсков водоёмов г. Гродно представлена 9 видами, которые принадлежат к 6 родам, 6 семействам и двум классам. В структуре видов большую часть занимают брюхоногие моллюски, составляющие 88,89 % от общего количества собранных видов и 99,04 % от количества собранных экземпляров. Анализ общего доминирования, степени доминирования и степени постоянства видов показал, что самыми распространенными видами в водоемах г. Гродно являются *Planorbarius corneus* и *Limnaea stagnalis*. За период наблюдения самыми распространенными в исследованных водоемах являются моллюски, обитающие в воде различной степени загрязненности и, зачастую, в воде повышенного загрязнения.

Список литературы

1. Фасулати, К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1971. – С. 162 – 163.
2. Дерунков, А. В. Экологическое разнообразие жуков (Coleoptera: Carabidae) в сосновых культурах на заповедных территориях Белоруссии / А. В. Дерунков // Природные ресурсы. – 2002. – № 3. – С. 126 – 137.
3. Клауснитцер, К. Д. Экология городской фауны / К. Д. Клауснитцер. – М.: Мир, 1990. – С. 163 – 183.
4. Gzechowski, W. Carabid beetles of moist meadows in the Masovian Lowland Memor / W. Gzechowski. – Zool. – 1989. – W. 43. – С. 141 – 167.
5. Денисова, С. И. Полевая практика по экологии / С. И. Денисова. – Минск: Універсітэцкае, 1999. – С. 96 – 97.
6. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 152 – 174.

Studying of specific structure of molluscs littoral zones of reservoirs of Grodno. Definition of their number, studying of distribution on reservoirs. Definition and the analysis of the general domination, a degree of domination of a species in gathering, degrees of a constancy of a species, specific riches.

Научный руководитель – Т. С. Копысова, преподаватель кафедры зоологии и физиологии человека и животных.

УДК 37.01

Е. А. ЧЕРНАК, Д. А. МАСЛОВСКАЯ

РОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ОБЩЕМ ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ И МОТИВАЦИЙ ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ ВО БЛАГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Рассматриваются вопросы экологического образования молодежи и формирования у них мотивации для действий во благо устойчивого развития государства. Приведены результаты анкетирования, направленного на выявление уровня знаний и мотивации по вопросам устойчивого развития. Определены роль и значение учреждений образования в формировании экологических знаний для действий во благо устойчивого развития.

В настоящее время, в результате интенсивного антропогенного воздействия на окружающую среду, экологические проблемы возникают намного чаще, чем в предыдущие столетия. Поэтому на современном этапе развитие экологического образования становится актуальной задачей всех стран и рассматривается как одно из средств преодоления глобального экологического кризиса.

Во всех развитых странах мира на уровне государственной политики достигнуто признание того, что знания во все возрастающей степени становятся основой развития общества, что необходимым средством социально-экономического прогресса в XXI веке является трансформация человечества в общество «пожизненного обучения». Положение «от обучения на всю жизнь к обучению через всю жизнь» может служить лозунгом совокупной системы образования и наиболее полно отражает потенциал и задачи образования, которое, в свою очередь, должно стать одним из механизмов реализации концепции образования на протяжении жизни.

В 1983 году Всемирная Комиссия ООН по окружающей среде и развитию в своем отчете «Наше общее будущее» призвала к «новой эре экономического развития, безопасного для окружающей среды». Устойчивое развитие определялось как модель социально-экономического развития, при котором удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей достигается без лишения такой возможности будущих поколений. Концепция устойчивого развития нашла широкое понимание и в Республике Беларусь, что выразилось в

разработке базового документа «Национальная стратегия социально – экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года» (НСУР – 2020). В нем утверждается, что все страны должны взять на себя «коллективную ответственность за усиление и упрочение взаимосвязанных и поддерживающих друг друга основ устойчивого развития – экономического развития, социального развития и охраны окружающей среды – на местном, национальном, региональном и глобальном уровнях» [1, с. 11].

В достижении устойчивого развития одна из ведущих ролей принадлежит образованию. Как социальный институт образование обеспечивает реализацию стратегии устойчивого развития человеческими ресурсами и само по себе выступает ресурсом устойчивого развития. Оно призвано подготовить человека к тому, чтобы он не только был способен жить в мире перемен, но и строил свое будущее сам, своими руками [2].

Образование и устойчивое развитие — два процесса, имеющих много общего. Они направлены в будущее и призваны обеспечить качественную жизнь будущих поколений. И в общей сфере и системе образования в интересах устойчивого развития именно экологическое образование (в широком понимании) может стать реальным образованием для будущего.

Актуальность нашего исследования определяется объективной потребностью общества в формировании общественного экологического сознания с высоким уровнем социальной активности и потребностью в методическом обеспечении экологического образования учащихся.

В результате проведенного мониторинга исходных экологических знаний студентов разных факультетов Учреждения Образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» и школы-гимназии №1 города Гродно были выявлены интересные закономерности.

В анкету были включены вопросы, которые позволяют выявить представление респондентов об основных экологических проблемах настоящего времени, устойчивом развитии, а также важности и необходимости участия учебного заведения в создании мотивации для дальнейших действий учащихся на благо устойчивого развития государства.

Практически все респонденты отметили обеспокоенность состоянием окружающей среды в настоящее время и готовность объединить свои усилия для улучшения экологической обстановки во благо природы и развития общества (рисунок 1). Установлена большая заинтересованность респондентов в получении знаний и мотиваций, необходимых для конкретных действий во благо устойчивого развития. Наиболее мотивированными в получении знаний об устойчивом развитии, как можно было предположить, были студенты факультета биологии и экологии и специализированных классов гимназии. Наименьшую исходную мотивацию к экологическим действиям и пессимизм в результатах экологической деятельности проявляют студенты факультета экономики и управления.

С таким специфическим последствием глобального воздействия человека на водные экосистемы, как эвтрофикация, не сталкивались или вообще не слышали почти все опрошиваемые, кроме студентов биологического факультета и учащихся специализированного класса гимназии.

Специфическими оказались знания и о таких понятиях как «Повестка Дня на 21 век» и «экологический след». Более 60 % респондентов не имеют представления или затрудняются ответить на эти вопросы.

Отвечая на вопрос: какое представление об экологическом образовании сегодня следует считать приоритетным, можно выделить ответ: «то, которое готовит учащихся к решению социальных, экономических и экологических проблем как на местном, так и на национальном и на глобальном уровнях». Такая позиция современной молодежи должна дать возможность преодолеть отчуждение системы образования от современного мира» [2, с. 27 – 28]. А вовлечение обучающихся в социально-экологическую деятельность выступает фактором, стимулирующим их потребности в приобретении необходимых знаний и умений, способствующим становлению их личного опыта экологической деятельности. Однако, необходимо обратить внимание и на то, что, к сожалению, менее 50 % опрошенных считают, что учреждения образования на данный момент выполняет поставленную задачу (рисунок 2).

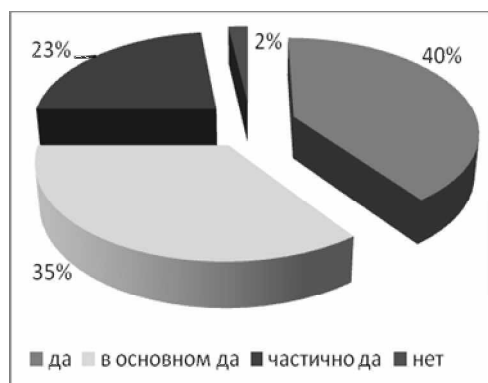


Рисунок 1 – Результаты ответов на вопрос «Хочу действовать во благо природы, окружающей среды и развития общества»

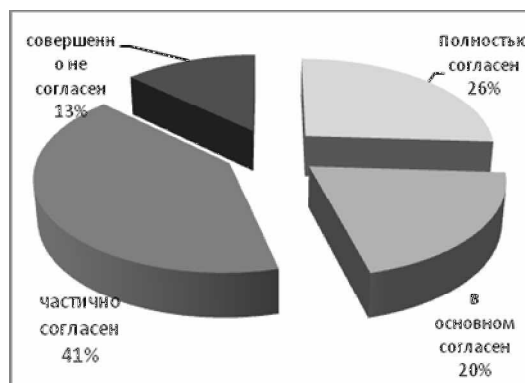


Рисунок 2 – Результаты ответов на вопрос «Учреждение образования дает знания и мотивацию, чтобы действовать во благо устойчивого развития»

Как ключевой механизм образования для устойчивого развития современное экологическое образование призвано предлагать учащимся не только и не столько теорию, сколько формировать представления о перспек-

тиве реализации концепции устойчивого развития, необходимости учета потребностей местных сообществ для обеспечения их устойчивости и уменьшения воздействия каждого человека и общества в целом на окружающую природную среду; развивать навыки и опыт убеждения и вовлечения в процесс принятия решений большинства представителей местных сообществ (в соответствии с развитием местного самоуправления); обеспечить условия для становления системы ценностей, основанных на осознанном ограничении потребностей, ориентации не на их количественный рост, а на качественное развитие.

За период с 2009 по 2012 учебный год в Учреждении Образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» на некоторых факультетах была апробирована методика образования с элементами образования в интересах устойчивого развития. За основу методики взят расчет показателя «Экологического следа».

Каждое живое существо, в том числе и человек, оказывает влияние на свое окружение. Жизнь требует использования каких-либо ресурсов и образования отходов жизнедеятельности. Так устроена природа. Следовательно, жизнь какого-то существа в природе всегда оставляет след. Так было всегда. Проблемы начались, когда человек в гонке за благосостоянием начал забирать из окружающей его среды больше ресурсов, чем она, среда, может ему дать. Тогда-то и появился так называемый экологический дефицит.

Каким же образом мы можем измерить это давление, подсчитать насколько мы – как человечество – забираем из окружающей среды больше ресурсов, чем природа способна воспроизвести?

Именно для этой цели и был создан особый индикатор – экологический след. Он измеряет величину давления на окружающую среду, производимого отдельными людьми, организациями, городами, регионами, нациями и человечеством в целом. Он показывает нам, какое количество биологически продуктивной земли, а также акватории используется для производства продовольствия, сырья, энергии, а также для утилизации отходов, возникающих в процессе этого производства [3].

В качестве единицы измерения экологического следа используется величина «глобальный гектар» (гга). Глобальный гектар – это стандартизованный гектар земли, который позволяет сравнивать между собой различные показатели, сравнивать между собой экологические следы разных возрастных групп, лиц с разным социальным положением, и даже людей из разных стран, несмотря на то, что они используют разные по своим характеристикам земли. 1 глобальный гектар соответствует 1 гектару биопродуктивного пространства, характеризующегося среднемировой продуктивностью за рассматриваемый период.

Следует заметить, что величина экологического следа дает еще больше информации, если ее сравнить с той территорией планеты, которая есть в распоряжении человечества. Именно поэтому обычно оценивают соответствие величины экологического следа и биологической или экологической емкости.

Очень интересно сравнить изменение этих параметров во времени. Так, если проследить за изменением биологической емкости планеты и величины экологического следа, приходящиеся на одного жителя планеты, бросается в глаза то, что эти два показателя изменяются обратно пропорционально друг другу. Так, при росте величины экологического следа среднестатистического человека наблюдается отчетливое снижение биологической емкости планеты. К 2001 году человечество требовало 2,2 глобального гектара на одного человека. Эта величина в 1,3 раза больше, чем в 1961. В настоящее время Земля имеет только 1,6 глобального гектара на одного человека. Избыточное потребление составляет около 21 %. Таким образом, явно виден экологический дефицит. Такое сильное воздействие на планету ведет к быстрому истощению ресурсов и может продолжаться недолго.

Среднее значение экологического следа учащихся Учреждения Образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (3,2 гга) практически совпадает со средним значением экоследа жителя Республики Беларусь (3,6 гга), но превышает биологическую емкость планеты (1,6 гга) (рисунок 3). После прохождения курса с элементами образования в интересах устойчивого развития среднее значение экологического следа студента уменьшалось за счет количества образуемого мусора в домашнем хозяйстве, снижении потребления чистой воды и электроэнергии на хозяйственные нужды (1,8 гга).

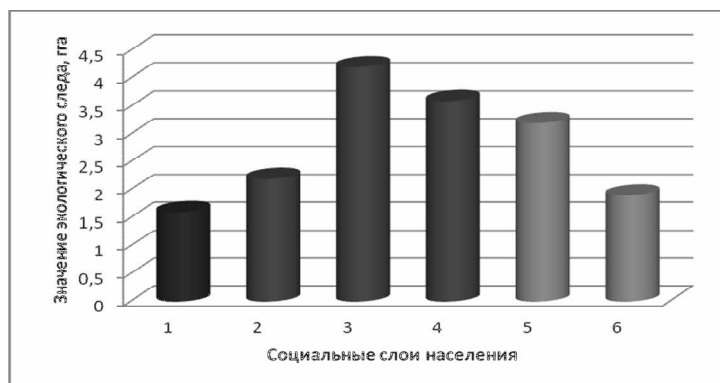


Рисунок 3 – Значение экологического следа учащихся ДО и ПОСЛЕ обучения

1 – биологическая емкость планеты; 2 – средний житель планеты; 3 – средний житель России; 4 – средний житель Республики Беларусь; 5 – студент ДО обучения; 6 – студент ПОСЛЕ обучения

Стоит отметить, что небольшая величина личного экологического следа еще не указывает на то, что этот человек способствует продвижению общества к устойчивому развитию. Поэтому показателем общества, стремящегося к устойчивости, является соотношение показателей качества жизни и экологического следа. Чем выше качество жизни и, при этом, чем ниже экологический след, тем ближе описанное общество к устойчивости.

Экологический след использовать не так просто. Однако, если говорить о наглядности, то это, наверное, один из лучших показателей экологичности образа жизни. Используя его, можно беседовать со взрослыми и с детьми, с чиновниками и с простыми рабочими. Главное – найти правильные слова и использовать правильные методы.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод, что в условиях традиционного обучения значительная часть учащихся имеет недостаточный уровень знаний и мотиваций для практических действий в интересах устойчивого развития государства и общества в целом. Формирование мотивации поведения для устойчивого развития должно быть направлено не только на расширение представлений об основных экологических понятиях и познаний в области общей экологии, но и на осознание необходимости и важности решения этой проблемы, для сохранения и развития навыков и опыта участия каждого индивида в рациональном использовании любых ресурсов и благ. Экологическое образование перерастает в рамки экологической культуры и порождает область, которую можно было бы назвать социальной культурой XXI века, необходимой для успешной интеграции человечества, предотвращения социальных и экологических катаклизмов. Современному образованию важно понять, что требуется объединение естественных и гуманитарных знаний, для того, чтобы воспитать человека, способного заботиться о будущем человечества, оставаясь на твердой почве достоверных знаний объективных законов существования природы и общества. Изложенные выше теоретические представления о методике экологического следа могут быть основанием для разработки учебных и рабочих программ по курсам дисциплин экологической направленности. Использование элементов образования для устойчивого развития, а также внедрение принципов экологически дружественного образа жизни будут способствовать формированию здорового общества с экологичным образом жизни. Результаты косвенно говорят об изменении стереотипов поведения и привычек учащихся в процессе обучения в сторону продвижения общества к устойчивому развитию.

Список литературы

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года / Национальная комиссия по устойчивому развитию РБ; Редколлегия: Я. М. Александрович и др. – Минск: ЮНИПАК. – 200 с.
2. Калинин, В. Б. Стратегия образования для устойчивого развития // АсЭкО-Информ. – № 44.
3. Пахоменко, А. Н. Твой след на планете / А. Н. Пахоменко, Е. И. Пахоменко. – Могилев: обл. укр. тип., 2006. – 96 с.

Environmental education of youth and the formation of their motivation to act for the benefit of sustainable development of the state. The role and importance of educational institutions in the formation of environmental knowledge for action for the benefit of sustainable development.

Научный руководитель – **О. Е. Кремлёва**, старший преподаватель кафедры экологии, кандидат сельскохозяйственных наук.

УДК 619.616

М. Д. ШАТИКОВА

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АФЛАТОКСИНА В₁ В ЗЕРНЕ

Из 23 образцов зерна (пшеница, ячмень, рожь, тритикале) в трех обнаружен афлатоксин В₁. Установили, что все зараженное зерно хранилось при повышенной влажности (85 – 87%) в течение нескольких месяцев. В ячмене с афлатоксином В₁ доминировал *Aspergillus flavus* и выявлено в десять раз больше микроскопических грибов по сравнению с ячменем без афлатоксина В₁.

Введение. Сегодня, по некоторым оценкам, примерно четверть зерновых, производимых во всем мире, заражена микотоксинами. Возможно, еще немалая часть поражена пока неидентифицированными микотоксинами. Острейшим аспектом проблемы микотоксинов, имеющим глобальное значение, являются афлатоксины. Они относятся к 1-му классу канцерогенов. Токсичное действие обусловлено их взаимодействием с нуклеофильными участками ДНК, РНК и белков. Эпидемиологическими исследованиями, проведенными в ряде стран Азии и Африки, выявлена прямая коррелятивная зависимость между частотой заболевания населения первичным раком печени и содержанием афлатоксинов в пищевых продуктах. Основное санитарно-микологическое значение имеет афлатоксин В₁, на который приходится 80 % всей суммы афлатоксинов. Афлатоксин В₁ продуцируется грибами *Aspergillus flavus* и *Aspergillus parasiticus*. Пищевые продукты могут поражаться грибами, синтезирующими афлатоксины, в процессе производства, хранения или приготовления пищи. Распространение микроскопических грибов, продуцирующих микотоксины, недостаточно выяснено, что делает затруднительным прогнозирование возникновения того или иного микотоксикоза [1; 2].

Цель нашей работы – изучение содержания афлатоксина В₁ в зерне (пшеница, ячмень, рожь, тритикале) урожая 2010 и 2011 гг.

Результаты и обсуждение. Содержание афлатоксина В₁ определяли в 23 пробах зерна (пшеница, ячмень, рожь, тритикале) различных сортов урожая 2010-2011 гг. (таблица 1). Отбор зерна проводили в различных хозяйствах Могилевской области. Зерно отбиралось после уборки урожая осенью и после хранения его перед посевом весной. Для определения афлатоксина В₁ применяли методы: тонкослойной хроматографии (ТСХ) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Для определения афлатоксина В₁ методом ТСХ в зерне обработка проб и качественное определение проводили в соответствии с ГОСТ 30711- 2001 [1]. После упаривания экстракта сухой остаток перерастворялся в системе бензол-ацетонитрил (98:2) и был использован для хроматографирования. Для оценки результатов пластинку, извлеченную из камеры, рассматривали в длинноволновом ультрафиолетовом свете. Из всех хроматограмм исследуемых образцов цвет флюоресценции пятен изменился у двух. Данный факт свидетельствовал о наличии в пробах афлатоксина В₁. Для подтверждения присутствия афлатоксина В₁ в пробах был проведен тест: пластинку обработали раствором азотной кислоты и также рассматривали ее в ультрафиолетовом свете. Цвет флюоресценции пятен изменился с синего на желтый, что подтверждало наличие афлатоксина в пробе. Результаты исследований представлены в таблице 1. Таким образом, из 23-х проб зерна в двух качественно был обнаружен афлатоксин В₁: пробы тритикале (СПК «Дубравы» Костюковичского р-на) и ячменя «Баронесса» (УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на).

Содержание в зерне (23 образца) афлатоксина В₁ определяли также методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [3]. Для хроматографирования использована система ВЭЖХ WATERS Allians. Метод основан на экстракции афлатоксина В₁ из пробы продукта, очистке экстракта от мешающих веществ и измерении массовой концентрации токсина с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием. Результаты измерений были следующими: из 23-х экстрактов на хроматограмме трех были зафиксированы пики, совпадающие по времени удерживания с пиком афлатоксинов В₁ и В₂. (тритикале – СПК «Дубравы» Костюковичского р-на; ячмень «Баронесса» – УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на; ячмень «Якуб» – УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на) (таблица 1). Таким образом, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии афлатоксин В₁ обнаружен еще в одной пробе зерна, в которой методом ТСХ качественная реакция была отрицательной. Это проба ячменя «Якуб» (УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на). В данной пробе концентрация афлатоксина В₁ наименьшая из трех обнаруженных. Из всех проб результат одной – тритикале (СПК «Дубравы» Костюковичского р-на) превышал допустимый уровень содержания афлатоксина В₁ в зерне 0,005мг/кг. Пробы ячменя «Якуб» и «Баронесса» не превышали данную норму.

Для исследования зерно отбирали непосредственно с зернохранилищ. Перед отбором проводился замер уровня влажности в помещении при помощи гигрометра психрометрического ТКА-ПМ-31. Результаты замеров представлены в таблице 1. Оптимальным уровнем влажности хранения зерна является 60 – 75%. Процесс токсинообразования *Aspergillus flavus* начинается при уровне влажности от 84 %. При отборе четырех проб зерна уровень влажности в зернохранилищах превышал 84 %, в трех из них был обнаружен афлатоксин В₁.

Таблица 1 – Результаты исследования зерна на содержание в нем афлатоксина В₁

Наименование проб	Содержание афлатоксина В ₁		Уровень влажности (%)
	ТСХ	ВЭЖХ	
Зерно урожая 2010 г.:			
<u>Отбор проб осенью 2010 г.:</u>			
пшеница – СПК «Демидовичский» Костюковичского р-на	н/о	н/о	61,2
рожь – КФХ Метелкина П.М. Костюковичского р-на	н/о	н/о	65,0
рожь – СПК «Дубравы» Костюковичского р-на	н/о	н/о	79,1
рожь – д. Студенец Костюковичского р-на	н/о	н/о	70,4
пшеница – СПК «Октябрь» Мстиславского р-на	н/о	н/о	64,6
пшеница – СПК «Езерский» Чериковского р-на	н/о	н/о	84,2
<u>Обор проб весной 2011 г.:</u>			
тритикале – СПК «Дубравы» Костюковичского р-на	обнаруж.	0,0096 мг/кг	85,1
овес – ОАО РАПТС Бельничского р-на	н/о	н/о	76,2
ячмень – ОАО РАПТС Бельничского р-на	н/о	н/о	77,6
ячмень «Стратус» – ОАО «Н. Друть» Бельничского р-на	н/о	н/о	70,3
ячмень «Стратус» – УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на	н/о	н/о	75,4

Продолжение таблицы 1			
ячмень «Якуб» – УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на	н/о	0,002 мг/кг	87,1
ячмень «Баронесса» – УКСП «С-з Падевичи» Бельничского р-на	обнаруж.	0,004 мг/кг	87,1
ячмень – ОАО «Агросервис» Чаусского р-на	н/о	н/о	68,9
ячмень – СПК «Сосновый бор» Чаусского р-на	н/о	н/о	71,3
овес – СПК «Сосновый бор» Чаусского р-на	н/о	н/о	71,3
Зерно урожая 2011 г.			
пшеница – д. Слобода Костюковичского р-на	н/о	н/о	64,0
рожь – д. Студенец Костюковичского р-на	н/о	н/о	69,5
ячмень – д. Студенец Костюковичского р-на	н/о	н/о	64,9
рожь озимая – СПК «Мошевое» Костюко- вичского р-на	н/о	н/о	68,0
тритикале озимая – СПК «Мошевое» Кос- тюковичского р-на	н/о	н/о	68,0
пшеница яровая – ОАО «Амкодор» Шкловского р-на	н/о	н/о	65,1
тритикале – ОАО «Александрйское» Шкловского р-на	н/о	н/о	60,7

По-видимому, повышенная влажность создавала благоприятные условия для развития микромицетов на зерне и образования микотоксина. Пшеница, хранившаяся при 84,2 % влажности была взята осенью после уборки урожая, в ней не обнаружен микотоксин. Все три пробы зерна с афлатоксином В₁, отбирались в апреле-мае 2011 г, после хранения непосредственно перед посевом. Из них ячмень «Якуб» и «Баронесса» хранились рядом в одном зернохранилище, что могло способствовать заражению зерна. По-видимому повышенная влажность воздуха и длительность хранения зерна при этих условиях стала определяющим фактором, для размножения *Aspergillus flavus* и образования афлатоксина В₁.

Из 23 образцов исследованного зерна были выбраны четыре пробы ячменя для определения в них количественного и качественного содержания микроскопических грибов. Проводился посев четырех образцов зерна: два образца ячменя в которых был обнаружен афлатоксин В₁ (проба № 1 и № 2) и два – без микотоксина (проба № 3 и № 4) (таблица 2). Для этого делали навески ячменя 10 г, помещали в колбы с 100 мл стерильной водопроводной воды. Колбы взбалтывали круговыми вращательными движениями 30 мин. Из полученной вытяжки готовили разведения (10^{-2} , 10^{-3}). Проводили посев полученных суспензий глубинным способом в среду Чапека. Засеянные чашки Петри переворачивали вверх дном и помещали в термостат (температура 25 – 26 С°). Колонии грибов подсчитывали через 5 – 7 суток. Подсчитав количество колоний на всех параллельных чашках, определяли среднее количество колоний и рассчитывали среднее количество КОЕ в 1 г зерна. Полученные результаты показали, что ячмень с обнаружением микотоксина (проба № 1 и № 2) содержал на порядок большее количество КОЕ микроскопических грибов, чем ячмень без обнаружения афлатоксина В₁ (проба № 3 и № 4) (таблица 2).

Таблица 2 – Количественное и качественное содержание микроскопических грибов в образцах ячменя содержащем и не содержащем афлатоксин В₁

№ пробы	Содержание афлатоксина В ₁ , мг/кг	Количество КОЕ микромицетов в 1 г ячменя	Наименование микромицетов, %
1. ячмень «Якуб»	0,002	$(4,6 \pm 0,6) * 10^3$	<i>Aspergillus flavus</i> – 81; <i>Penicillium sp.</i> – 17; <i>Aspergillus sp.</i> – 2.
2. ячмень «Баронесса»	0,004	$(4,3 \pm 0,6) * 10^3$	<i>Aspergillus flavus</i> – 63, <i>Aspergillus sp.</i> – 37.
3. ячмень «Стратус»	н/о	$(2,9 \pm 0,6) * 10^2$	<i>Aspergillus sp.</i> – 32; <i>Penicillium sp.</i> – 25; <i>Mucor</i> – 43.
4. ячмень «Стратус»	н/о	$(1,1 \pm 0,08) * 10^2$	<i>Aspergillus flavus</i> – 13; <i>Aspergillus sp.</i> – 40; <i>Penicillium sp.</i> – 1; <i>Mucor</i> – 46.

На фотографии (рисунок 1) даже без подсчета колоний хорошо видно, что в чашке с посевом ячменя образца № 2 (с афлатоксином В₁) на много больше выросло колоний микромицетов по сравнению с чашкой с посевом ячменя образца № 3 (без афлатоксина В₁).

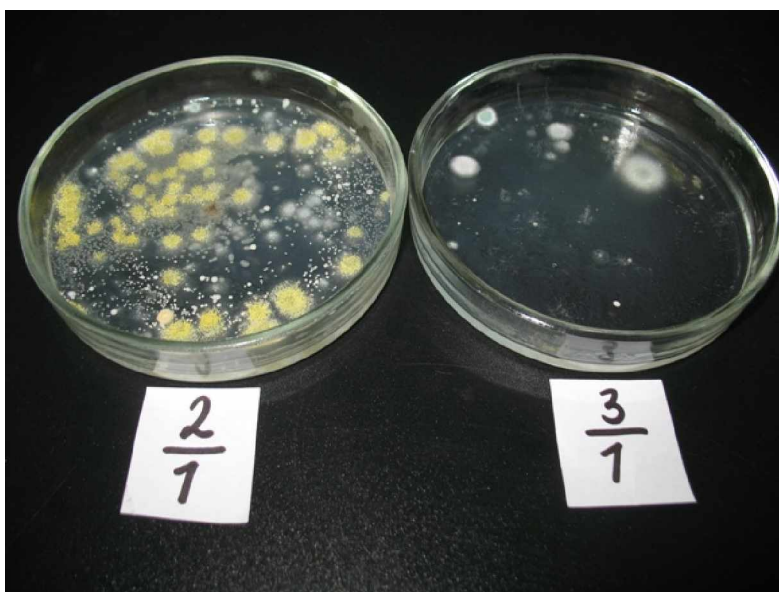


Рисунок 1 – Чашки Петри с посевами (2-разведение) ячменя проб № 2 (с афлатоксином В₁) и № 3 (без афлатоксина В₁)

Для идентификации микроскопических грибов выросших в чашках Пери, готовили микропрепараты «раздавленная капля» и микроскопировали. Определение рода и вида грибов проводилось с помощью «Определитель микроскопических почвенных грибов» М.А. Литвинова. Пользуясь определителем грибов, идентифицировали микромицеты и высчитывали их процентное содержание в каждой пробе ячменя (таблица 2). В результате выделены и определены микромицеты *Aspergillus flavus*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Mucor sp.* На медицинском микроскопе МИКМЕД-6 сделаны фотографии микропрепаратов. Выявлено, что в образцах ячменя с афлатоксином В₁ доминировали микромицеты рода *Aspergillus*. В этих образцах определено большое количество токсинообразующих грибов *Aspergillus flavus* (в пробе № 1 – 81 %, в пробе № 2 – 63 %) (рисунок 2). В ячмене без афлатоксина В₁ доминировали микромицеты рода *Mucor*, в пробе № 3 их количество составляло 43 %, в пробе № 4 – 46 %. В данных пробах выявлено также достаточно много грибов рода *Aspergillus* (в проба № 3 – 32 %, проба № 4 – 40 %). В пробе № 4 определено небольшое количество токсинообразующего гриба *Aspergillus flavus* (13 %). В ячмене пробы № 3 не обнаружено *Aspergillus flavus*, но выявлено 25 % микромицетов рода *Penicillium*.



Рисунок 2 – *Aspergillus flavus* (проба ячменя № 1)

Заключение. Таким образом, из двадцати трех проб зерна (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес) афлатоксин В₁ выявлен в двух образцах ячменя и одном тритикале. Определено, что метод высокоэффективной жидкостной хроматографии является более точным, чем метод тонкослойной хроматографии. Из всех исследованных проб зерна методом ВЭЖХ афлатоксин В₁ обнаружен в трех образцах, а методом ТСХ в двух. Содержание афлатоксина В₁ зависит от продолжительности хранения и влажности при которой сохранилось зерно. Афлатоксин В₁ обнаружен в пробах, отобранных весной непосредственно перед посевом, хранившихся при повышенной влажности. В ячмене содержащем афлатоксин В₁ выявлено на порядок большее количество КОЕ микромицетов (в 1 г зерна) и определено большое количество токсинообразующего гриба *Aspergillus flavus* по сравнению с ячменем без микотоксина.

Список литературы

1. Смирнов, У. С. Микотоксины: Фундаментальные и прикладные аспекты / У. С. Смирнов, Ф. М. Зайченко, И. Г. Рубежняк // Современные проблемы токсикологии. – 2000. – № 1. – С. 2 – 12.
2. Тутельян, В. А. Микотоксины / В. А. Тутельян, Л. В. Кравченко, А. Ю. Сергеев // Микология сегодня. – М.: Национальная Академия микологии, 2007. – Т. 1. – С. 283 – 304.
3. Методические рекомендации по обнаружению, идентификации, определению содержания афлатоксинов в пищевых продуктах № 2773-80 от 10 дек. 1980 г.

Three samples of grain (from 23) with detection aflatoxin В₁ were stored at the increased humidity (85-87 %) within several months. In the infected barley it is revealed ten times more than microscopic fungus in comparison with barley without mycotoxin.

Научный руководитель – **И. С. Жебрак**, старший преподаватель кафедры ботаники, кандидат биологических наук.

УДК 579.68

О. В. ШЕШКО

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ р. НЕМАН ВБЛИЗИ ВЫПУСКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Приведены результаты определения общего микробного числа и численности бактерий группы кишечной палочки в воде р. Неман до и после выпуска сточных вод ОАО «ГродноАзот» и городских очистных сооружений г. Гродно. Выявлено, что по мере попадания предварительно очищенных как производственных, так и городских сточных вод в р. Неман эти показатели значительно увеличиваются. Установлено влияние комплекса загрязнителей, содержащихся в воде р. Неман, на суммарную дегидрогеназную активность бактерий *Pseudomonas putida* и грибов *Saccharomyces cerevisiae*.

Введение. На водоемы оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного водного стока, разнообразные природные явления, промышленность, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека. Среди загрязнений, поступающих в водную среду, выделяют химические, физические и биологические [1 – 3]. В зависимости от характера загрязнений сточные воды могут оказывать на водоемы различное воздействие:

1. *Токсичное воздействие.* В зависимости от концентрации токсичных соединений оно проявляется по-разному. Летальные концентрации могут привести к гибели гидробионтов, меньшие концентрации вызывают у них изменение обмена веществ, поражение органов размножения, что приводит к сокращению количества особей данного вида. Кроме того, может проявляться мутагенный эффект. Разные виды гидробионтов обладают различной устойчивостью к токсичным веществам. Например, мышьяк для планктонных рачков, дафний и циклопов смертелен в концентрации 0,25 – 2,5 мг/дм³, а для рыб – 10 – 20 мг/дм³. Антисептик пентахлорфенол в нефтяном растворителе в концентрации 10 мг/дм³ полностью подавляет развитие простейших, не влияя на количество бактерий. Более того, снижение числа простейших, которыми питаются бактерии, приводит к массовому развитию последних.

2. *Изменение газового режима водоема.* Поступление в водоем органических веществ вызывает вспышку развития микроорганизмов. Преобладают реакции восстановления, активно протекают денитрификация, сульфатредукция. Изменение газового режима приводит к изменению состава биоценоза, развиваются формы, адаптированные к недостатку кислорода, органические вещества окисляются менее интенсивно, накапливаются продукты неполного окисления.

3. *Эвтрофикация водоемов.* Она заключается в обогащении воды биогенными элементами, особенно азотом и фосфором. В результате возрастает первичная продукция органического вещества благодаря интенсификации фотосинтеза водорослей и высших водных растений. Вода обогащается кислородом. Вначале это положительно сказывается на функционировании водных экосистем, увеличивается численность и биомасса гетеротрофов. Однако со временем наступает дисбаланс между наращиванием биомассы фитопланктона, образованием органического вещества и количеством кислорода, расходуемым на биологическую деструкцию и химическое окисление органического вещества. Органического вещества образуется больше, чем его могут разложить микроорганизмы. В эвтрофированных водоемах изменяются физико-химические свойства среды: повышается содержание органических веществ, снижается уровень насыщения воды кислородом, в придонных слоях появляются анаэробные зоны, возрастает мутность. Анаэробное разложение органических веществ сопровождается образованием метана,

водорода, сероводорода, аммиака, газы выделяются в виде пузырьков. При растворении в воде эти вещества придают ей неприятный запах, создаются неблагоприятные условия для большинства водных животных.

4. Механическое воздействие. В городских и производственных сточных водах, поступающих в водоем, строго лимитируется содержание взвешенных веществ, поскольку при попадании в реку скорость потока, содержащего взвеси, снижается, и они выпадают на дно. В результате изменяется рельеф дна, образуются отмели и плесы, изменяются фарватеры рек. Сверх того, твердые органические вещества становятся объектом воздействия микроорганизмов, что приводит к изменению газового режима, накоплению полуразложившихся остатков, заиливанию дна.

Самый значительный сброс сточных вод в окрестностях г. Гродно в р. Неман осуществляется с двух выпусков: очистных сооружений предприятия ОАО «Гродно Азот» и городских очистных сооружений г. Гродно. Сложность состава этих сточных вод и невозможность определения каждого из загрязняющих веществ вызывает необходимость применения групповых (суммарных) показателей свойств воды р. Неман без идентификации отдельных веществ. Частями такой комплексной оценки состояния водных экосистем городской черты являются микробиологические исследования и определение биохимических показателей тест-объектов.

Цель работы – микробиологическая оценка воды р. Неман вблизи выпусков сточных вод ОАО «Гродно Азот» и городских очистных сооружений г. Гродно.

Материалы и методы исследований. Для исследований на протяжении 2011 г. отобраны пробы воды р. Неман в 4-х точках вблизи выпусков сточных вод:

Точка № 1: правый берег р. Неман, 500 м до выпуска стоков ОАО «Гродно Азот»

Точка № 2: правый берег р. Неман, 500 м после выпуска стоков ОАО «Гродно Азот».

Точка № 3: правый берег р. Неман, 500 м до выпуска городских стоков.

Точка № 4: правый берег р. Неман, 500 м после выпуска городских стоков.

В пробах определялись общее микробное число (ОМЧ) методом глубинного посева на МПА и численность бактерий группы кишечной палочки (БГКП) методом мембранных фильтров [4]. В качестве критерия токсичности воды использовали степень снижения дегидрогеназной активности тест-объектов бактерий *Pseudomonas putida* и грибов *Saccharomyces cerevisiae* в сравнении с контролем – водопроводной водой [5].

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, ОМЧ воды р. Неман ниже г. Гродно до выпусков сточных вод находится в пределах 2,0 – 3,7 тыс. КОЕ/см³, что позволяет отнести этой участок р. Неман к олигосапробной зоне (чистые воды, которая содержит соединения азота в форме нитратов, мало углекислоты, насыщена кислородом, сероводорода нет) [6]. Более высокая величина ОМЧ в этой точке в марте в сравнении с другими периодами определяется увеличением терригенных частиц и аллохтонных микроорганизмов, вносимых тальми водами.

По мере попадания в нее предварительно очищенных как производственных, так и городских сточных вод в воду р. Неман значительно увеличивается ОМЧ во все периоды наблюдения (таблица 1). Так после поступления сточных вод ОАО «Гродно Азот» ОМЧ возрастает 1,3 – 2,1 раза, что свидетельствует о сбросе со сточной водой веществ, которые стимулируют размножение бактерий.

Таблица 1 – Общее микробное число в воде р. Неман вблизи выпусков сточных вод, КОЕ / см³

Точка отбора проб	Весна	Лето	Осень
1	$(3,7 \pm 0,8) \cdot 10^3$	$(2,3 \pm 1,1) \cdot 10^3$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$
2	$(4,7 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(4,7 \pm 1,1) \cdot 10^3$	$(4,1 \pm 1,0) \cdot 10^3$
3	$(5,3 \pm 0,4) \cdot 10^3$	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(4,5 \pm 2,5) \cdot 10^3$
4	$(16,3 \pm 12,2) \cdot 10^3$	$(63,3 \pm 11,9) \cdot 10^3$	$(27,1 \pm 18) \cdot 10^3$

Эта же закономерность характерна для точки 4. После сброса сточных вод городскими очистными сооружениями ОМЧ увеличивается в 3,1 – 6 раз осенью и в 5,3 – 31 раз летом. Бактериальное загрязнение вносится главным образом бытовыми сточными водами в связи с отсутствием для большинства бытовых и жилых объектов локальных очистных сооружений и их подключением к городской канализационной системе.

Разница значений ОМЧ между 2 и 3 точками объясняется рельефом местности: между этими точками расположен большой резкий спуск с преобладанием прибрежно-водной растительности, а растительность является непосредственным продуцентом естественного органического вещества, которое и стимулирует рост численности микроорганизмов.

Исследование численности бактерий группы кишечной палочки р. Неман до и после выпуска сточных вод ОАО «Гродно Азот» и городских очистных сооружений г. Гродно выявило снижение числа БГКП после выпуска сточных вод ОАО «Гродно Азот» в 1,6 – 2 раза (таблица 2). Это подтверждает, что производственные сточные воды химической промышленности не содержат фекальных загрязнений, и снижение количества БГКП во 2 точке объясняется разбавлением сточных вод р. Неман водами ОАО «Гродно Азот».

Таблица 2 – Численность БГКП в воде р. Неман вблизи выпусков сточных вод, КОЕ / см³

Точки отбора проб	Весна	Лето	Осень
1	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(1,3 \pm 0,7) \cdot 10$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10$
2	$(0,5 \pm 0,3) \cdot 10$	$(0,8 \pm 0,7) \cdot 10$	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10$
3	$(1,0 \pm 0,4) \cdot 10$	$(0,5 \pm 0,1) \cdot 10$	$(0,5 \pm 0,7) \cdot 10$
4	$(12,5 \pm 3,5) \cdot 10$	$(2,3 \pm 0,4) \cdot 10$	$(25,5 \pm 3,5) \cdot 10$

С городскими сточными водами же после механобиологической очистки попадает в р. Неман большое количество БГКП, что ведет к биологическому загрязнению водоема. Численность БГКП после выпуска городских сточных вод увеличивается 4,6 – 51 раз в сравнении с предыдущей точкой. Однако, согласно СанПиН 2.1.2.12-33-2005 для открытых водоемов коли-индекс во всех исследованных точках не превышает установленные нормы [7].

Для определения степени токсического воздействия химических факторов среды, потенциально опасных для живых организмов данной экосистемы, часто используется биотестирование. При разработке требований к степени локальной очистки производственных сточных вод наибольшее распространение получила методика, основанная на восстановлении бесцветных солей тетразолия в красный формазан, по образованию которого судят об интенсивности процессов дегидрирования тест-объектов [8].

В марте после выпуска стоков ОАО «Гродно Азот» и в октябре после выпуска городских стоков выявлено снижение суммарной дегидрогеназной активности *P. putida* на 29 и 36 % в сравнении с предыдущими точками, вероятно, связанное с присутствием в сточных водах ингибиторов дегидрогеназ (таблица 3). В мае и октябре во 2-й точке отмечается увеличение этого показателя, что свидетельствует о повышенном содержании в производственных сточных водах субстратов для дегидрогеназ в эти сроки. Особенностью весеннего периода является резкое снижение в 2,8 раза дегидрогеназной активности *P. putida* в 3-й точке, где наблюдается сильный поверхностный сток с сельскохозяйственных полей, обрабатываемых пестицидами.

Таблица 3 – Влияния комплекса загрязнителей, содержащихся в воде р. Неман, на суммарную дегидрогеназную активность *P. putida*, % от контроля

Точки отбора проб	Весна	Лето	Осень
1	134,4	177,8	28,8
2	105,9	218,5	49,5
3	37,6	259,2	97,9
4	37,6	266,6	61,8

Снижение дегидрогеназной активности *S. cerevisiae* происходит в мае при сбросе обоих видов сточных вод в воду р. Неман на 48 и 100 % соответственно (таблица 4). В октябре попадание производственных стоков в речную воду также приводит к уменьшению этого показателя (на 62 %), а городских сточных вод – к его увеличению (на 100 %).

Таблица 4 – Влияния комплекса загрязнителей, содержащихся в воде р. Неман, на суммарную дегидрогеназную активность *S. cerevisiae*, % от контроля

Точки отбора проб	Весна	Лето	Осень
1	336,1	256,1	90,4
2	356,2	208,1	28,6
3	244,0	324,2	42,9
4	256,1	224,1	142,9

Исследования показали, что прокариотические (бактерии *P. putida*) и эукариотические (грибы *S. cerevisiae*) тест-объекты обладают разной чувствительностью к комплексу химических загрязнителей, поступающих в воду р. Неман со сточными водами ОАО «ГродноАзот» и городских очистных сооружений. Это приводит к диспропорции в развитии отдельных видов живых организмов, к нарушению взаимоотношений в экосистеме р. Неман.

Заключение. Таким образом, функционирующая на ОАО «ГродноАзот» система биологической очистки сточных вод, включающая нитрификацию-денитрификацию, аэротенки и биологические пруды не приводит к существенному биологическому загрязнению р. Неман. Городские очистные сооружения, предусматривающие только механическую и биологическую очистку в условиях аэротенка, не обеспечивают достаточного снижения БГКП в хозяйственно-бытовых сточных водах и требуют модернизации с включением дополнительной очистки на биологических прудах.

Источниками же химического загрязнения, ухудшающего качество поверхностных вод, негативно влияющего на водную биоту, изменяющего структуру микробиоценоза, выступают выпуски как производственных, так хозяйственно-бытовых сточных вод. Однако, надо отметить высокую самоочищающую способность р. Неман в результате протекающих в нем разнообразных химических, физических и биологических процессов, что позволяет в целом данному водоему справиться с нагрузкой поступающих сточных вод.

Список литературы

1. Вольф, И. В. Химия и микробиология природных и сточных вод / И. В. Вольф, Н. И. Ткаченко. – Ленинград: Ленинградский университет, 1973. – 258 с.
2. Заварзин, Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии / Г. А. Заварзин; под ред. Н. Н. Колотилова; Институт микробиологии. – М.: Наука, 2003. – 348 с.
3. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
4. Кузнецов, С. И. Методы изучения водных микроорганизмов / С. И. Кузнецов, Г. А. Дубинина. – М.: Наука, 1989. – 288 с.
5. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 89 с.

6. Семенченко, В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В. П. Семенченко. – Минск, 2004. – 124 с.
7. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 198.
8. Юхневич, Г. Г. Разработка методов контроля состояния активного ила аэротенков городских очистных сооружений / Г. Г. Юхневич, А. И. Конопацкая, И. В. Тарасова // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы междунар. науч. конф., Раков, 1 – 2 июня 2006 г. – Минск, 2006. – С. 284 – 286.

It is studied the microbiological structure of water of the river Neman near to release of sewage of Open Society Grodno Azot and city treatment facilities of Grodno. It is established biological pollution of water of the river Neman after receipt sewage in it.

Научный руководитель – Г. Г. Юхневич, заведующая кафедрой экологии, кандидат биологических наук, доцент.

УДК 615.099.08 + 612.3.354

А. В. ШИКОВ

КЛЕТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ КАК ТЕСТ-СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЦИТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ

Многие патологические процессы, протекающие в организме человека, сопровождаются развитием окислительного стресса. Возникновение окислительного стресса связано с нарушением в клетках и тканях антиоксидантно-прооксидантного баланса, что приводит к изменениям биохимических и физиологических процессов, сопровождающихся нарушениями клеточного метаболизма, гибелью клеток. Нами изучен антиоксидантный эффект природных полифенолов и мелатонина при индуцируемом окислительном стрессе на различных типах клеточных культур. Полученные в настоящей работе результаты биохимических исследований свидетельствуют о выраженном цитопротекторном действии терапевтических доз мелатонина и природных полифенолов, введение которых уменьшало интенсивность окислительных процессов в клетках, повышало выживаемость клеток и снижало уровень генерации активных форм кислорода (АФК).

Введение. В настоящее время большое внимание уделяется проблеме окислительного стресса и патологическим процессам, которые он вызывает. Возникновение окислительного стресса связано с нарушением в клетках и тканях антиоксидантно-прооксидантного баланса, что приводит к биохимическим и физиологическим повреждениям, сопровождающимся нарушениями клеточного метаболизма, гибелью клеток [1, с. 85 – 87].

С химической точки зрения оксидативный стресс представляет собой значительное уменьшает клеточного редокс-потенциала или существенное снижение восстановительной способности клеточных редокс-пар, таких как окисленный/восстановленный глутатион. Эффект оксидативного стресса зависит от силы его выраженности. Клетки могут вернуться в исходное состояние при небольших нарушениях. Однако более выраженный оксидативный стресс вызывает клеточную смерть [2, с. 20 – 21].

Окислительный стресс сопровождается генерацией активных форм кислорода (АФК), которые представлены кислородными свободными радикалами и пероксидами. Один из наименее реактивных АФК, супероксид, спонтанно или в присутствии переходных металлов превращается в более агрессивные (гидроксильный радикал и др.), что может вызвать повреждение многих клеточных компонентов – липидов, ДНК и белков (как результат их окисления). Большинство АФК постоянно образуются в клетке, но их уровень в норме достаточно мал, клетка способна инактивировать свободные радикалы с помощью антиоксидантной системы, либо репарировать повреждённые молекулы. Таким образом АФК, образующиеся в качестве побочных продуктов нормального клеточного метаболизма (в основном из-за небольшой утечки электронов в дыхательной цепи митохондрий, а также других реакций в цитоплазме), не вызывают повреждения клетки, участвуют в процессах клеточной сигнализации [3, с. 5].

В зависимости от силы стресса клетки могут погибнуть в результате апоптоза, когда внутреннее содержимое клетки успевает деградировать до нетоксичных продуктов распада, или в результате некроза, когда сила оксидативного стресса слишком велика. При некрозе клеточная мембрана нарушается и содержимое клетки высвобождается в окружающую среду, что в результате может приводить к воспалительному повреждению окружающих тканей.

У человека оксидативный стресс является причиной или важной составляющей многих серьёзных заболеваний, таких как атеросклероз и болезнь Альцгеймера, является одной из составляющих процесса старения [4, с. 419].

Защита организма от этих и многих других заболеваний – основная задача антиоксидантной системы. Антиоксиданты предотвращают развитие окислительных повреждений липидов, белков, ДНК.

Растительные полифенолы проявляют широкий спектр биохимической и фармакологической активности. Известно, что экстракт кожуры плодов граната содержит большое количество полифенолов, наиболее распространенное из этих соединений – эллаговая кислота, которая обладает мощным антиоксидантным действием. В экстракте почек тополя, в значительном количестве содержатся фенолглюкозиды, фенолкарбоновые кислоты (флавоноиды, дубильные вещества), обладающие биологической активностью.

Цель настоящей работы – выяснить молекулярные механизмы окислительного повреждения клеточных компонентов кислородными свободными радикалами, выявить наиболее эффективные природные антиоксиданты, механизмы их защитных эффектов, используя в качестве тест-систем культуры клеток различных типов.

Экспериментальная часть. Исследования проводили, используя эритроциты человека и культуру клеток линии В14. Эритроциты здоровых доноров, полученных на станции переливания крови г. Гродно, трижды промывали изотоническим буферным раствором – PBS, и после удаления слоя лейкоцитов использовали. Клетки линии В14 (фибробласты китайского хомячка) выращивали на питательной среде DMEM, содержащей 25 мМ глюкозы, в CO₂- инкубаторе (5 % CO₂) при 37 °С. Использовали клетки коллекции клеточных культур Института биофизики Университета в Лодзи (Польша). В качестве окислителя использовали свежеприготовленный 1 мМ трет-бутилгидропероксид. Исследовали антиоксидантные свойства природных полифенолов, экстракты плодов граната и почек тополя, используемые в следующих концентрациях: 5 мг/мл, 10 мг/мл, 20 мг/мл, инкубируя в течение 1 часа. Для оценки уровня повреждений эритроцитов вследствие окислительного стресса определяли уровень малонового диальдегида (ТБКРС) по методу Стокса и Дормэнди [5, с. 97], внутриклеточную концентрацию восстановленного глутатиона (GSH) по методу Элмана [6, с. 74]. Процент выживших клеток определяли с помощью МТТ-теста [7, с. 56]. МТТ-тест основан на расщеплении и превращении растворимого желтого красителя 3-[4,5-диметилтиазол-2-ил]-2,5-дифенилтетразолиум бромид (МТТ) митохондриальными и цитоплазматическими дегидрогеназами живых метаболически активных клеток в растворимый синевioletовый формазан. Количество полученного формазана пропорционально числу живых клеток. Для определения уровня генерируемых АФК клеткой используют зонд 2,7-дихлорфлуоресцин диацетат (H₂DCFDA). В клетке H₂DCFDA модифицируется в нефлуоресцирующий 2,7-дихлорфлуоресцин (H₂DCF). В присутствии АФК H₂DCF превращается в 2,7 – дихлорфлуоресцеин (DCF), для которого характерна флуоресценция.

Результаты и их обсуждение. Индуцирование окислительного стресса внесением 1 мМ трет-бутилгидропероксида (tBHP) приводило к уменьшению количества восстановленного глутатиона в 4,3 раза (p<0,05) и в 3,7 раз (p<0,05) в эритроцитах человека и крысы, соответственно. Использование экстракта граната в качестве цитопротектора сопровождалось увеличением уровня восстановленного глутатиона, чего не наблюдалось при использовании экстракта почек тополя в качестве природного антиоксиданта. В присутствии окислителя, количество ТБКРС в эритроцитах человека увеличивалось в 4,2 раза (p<0,05) и в 24,7 раза (p<0,05) в эритроцитах крысы. Экстракт граната (10 мг/мл) уменьшал уровень ТБКРС, образуемых в присутствии окислителя, в два раза.

Параметры, характеризующие выживаемость клеток линии В14 при tBHP-индуцированном окислительном стрессе, представлены в таблице 1. Исходно в контрольной пробе количество живых клеток составляет 10000.

Таблица 1 – Количество выживших клеток линии В14 при tBHP-индуцированном окислительном стрессе. Цитопротекторный эффект различных антиоксидантов

Проба	N	Оптическая плотность (545 нм)	Количество клеток	%, выживших клеток
Контроль	47	0.5081 ± 0.008879	10000	100
100 мкМ tBHP	24	0.4499 ± 0.01196 *	8855	88,55
100 мкМ Mel	24	0.4861 ± 0.008922 #	9567	95,67
50 мкМ Mel+100 мкМ tBHP	22	0.4830 ± 0.01005 #	9506	95,06
100 мкМ Mel+100 мкМ tBHP	22	0.4436 ± 0.01215 *	8731	87,31
500 мкМ Mel+100 мкМ tBHP	24	0.4038 ± 0.007806 *#	7947	79,47
100 мкМ Trp	24	0.4441 ± 0.01250 *	8740	87,4
50 мкМ Trp+100 мкМ tBHP	24	0.5855 ± 0.007504 *#	11523	115,23
100 мкМ Trp+100 мкМ tBHP	23	0.5714 ± 0.006999 * #	11246	112,46
500 мкМ Trp+100 мкМ tBHP	22	0.5570 ± 0.009576 *#	10962	109,62
100 мкМ Suc	24	0.4596 ± 0.01621 *	9046	90,46
50 мкМ Suc+100 мкМ tBHP	21	0.5720 ± 0.01300 *#	11258	112,58
100 мкМ Suc+100 мкМ tBHP	21	0.5617 ± 0.007451 *#	11055	110,55
500 мкМ Suc+100 мкМ tBHP	22	0.5324 ± 0.01178 #	10478	104,78

Примечание: Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение; * -p<0,05 по отношению к контрольной группе, # -p<0,05 по отношению к группе 100 мкМ tBHP.

Гормон эпифиза мелатонин, производное аминокислоты триптофан, в концентрации 50 мкМ оказывал выраженный цитопротекторный эффект, более высокие концентрации мелатонина оказались цитотоксичными. В присутствии 100 мкМ tBHP сукцинат и триптофан проявляли цитопротекторный эффект в более высоких концентрациях (до 500 мкМ). При окислительном стрессе, индуцируемом высокими концентрациями окислительного агента (10 мМ tBHP) цитопротекторными свойствами обладает лишь мелатонин (до 50 мкМ), использование триптофана и сукцината при этих концентрациях окислителя не оказало защитно-

го эффекта. Методом флуоресценции мы оценили количество активных форм кислорода, генерируемых в клетке (таблица 2). Присутствие в пробе мелатонина в низкой концентрации (50 мкМ) снижало уровень генерации АФК в клетке, в то время как более высокие концентрации мелатонина (100 мкМ, 500 мкМ) усиливали генерацию АФК и не оказывали антиоксидантного действия. Триптофан и сукцинат так же обладают антиоксидантными свойствами, которые выражены, однако, значительно слабее по сравнению с мелатонином.

Таблица 2 – Количество АФК, генерируемых в присутствии 100 мкМ tВНР ($I_{\text{фл}} \cdot 10^{-3}$, в расчете на одну клетку)

Проба	0 мин	30 мин	60 мин	120 мин
Контроль	0.02483 ± 0.0005917	0.04919 ± 0.0005974	0.07916 ± 0.001696	0.1106 ± 0.002101
100 мкМ tВНР	0.06614 ± 0.002452 *	0.2870 ± 0.004599 *	0.5212 ± 0.006984 *	0.8369 ± 0.008223 N *
100 мкМ Mel	0.02947 ± 0.0005510	0.04810 ± 0.0008417	0.07324 ± 0.001671 #	0.1206 ± 0.002502 #
50 мкМ Mel+100 мкМ tВНР	0.01413 ± 0.0002431 **	0.02312 ± 0.0004289 **	0.01872 ± 0.0002863 **	0.02942 ± 0.0006910 **
100 мкМ Mel+100 мкМ tВНР	0.09424 ± 0.001845 **	0.3737 ± 0.005177 **	0.7685 ± 0.008768 **	1.232 ± 0.02227 **
500 мкМ Mel+100 мкМ tВНР	0.1356 ± 0.003711 **	0.4957 ± 0.008569 **	0.9418 ± 0.01766 **	1.407 ± 0.03020**
100 мкМ Trp	0.02716 ± 0.0003995 **	0.04508 ± 0.0008211 **	0.06874 ± 0.001279 **	0.1154 ± 0.001881 #
50 мкМ Trp+100 мкМ tВНР	0.05581 ± 0.001548 **	0.2397 ± 0.006354 **	0.4941 ± 0.01568 *	0.9188 ± 0.02117 **
100 мкМ Trp+100 мкМ tВНР	0.05486 ± 0.001969 **	0.2922 ± 0.009302 *	0.6327 ± 0.02010 **	0.9172 ± 0.02621 **
500 мкМ Trp+100 мкМ tВНР	0.05675 ± 0.001889 **	0.2446 ± 0.007095 **	0.5105 ± 0.01083 *	0.9147 ± 0.01368 **
100 мкМ Suc	0.02834 ± 0.0004189 **	0.04808 ± 0.0005808 #	0.07299 ± 0.001109 #	0.1260 ± 0.002052 **
50 мкМ Suc+100 мкМ tВНР	0.04391 ± 0.0009653 **	0.2199 ± 0.002704 **	0.4159 ± 0.004847 **	0.7048 ± 0.008692 **
100 мкМ Suc+100 мкМ tВНР	0.04511 ± 0.001234 **	0.2661 ± 0.008910 *	0.5339 ± 0.01717 *	0.7870 ± 0.05572 *
500 мкМ Suc+100 мкМ tВНР	0.04463 ± 0.001257 **	0.2635 ± 0.009168 **	0.5045 ± 0.02372 *	0.7180 ± 0.03065 **

Примечание: * - $p < 0,05$ по отношению к контрольной группе, # - $p < 0,05$ по отношению к группе 100 мкМ tВНР

В настоящей работе мы продемонстрировали, что полифенолы, экстрагируемые из кожуры граната и почек тополя бальзамического, являются эффективными антиоксидантами, что проявлялось в уменьшении уровня перекисного окисления липидов в эритроцитах человека при tВНР-индуцированном окислительном стрессе. В модельной системе *in vitro* на культуре клеток В14 нами установлено, что мелатонин в концентрациях до 50 мкМ, наряду с сукцинатом, обладал цитопротекторным и антиоксидантным эффектами, что приводило к значительному снижению уровня генерации АФК клеткой.

Заключение. Поиск эффективных и нетоксичных природных и синтетических антиоксидантов, которые позволяют организму противостоять окислительному стрессу и могут быть использованы в качестве фармакологических средств при лечении таких серьезных заболеваний, как сахарный диабет, онкологические заболевания, атеросклероз, болезни Альцгеймера и ряд других, представляет серьезную и актуальную задачу.

Список литературы

1. Розанцев, Э. Г. Окислительный стресс. Гипотезы / Э. Г. Розанцев. – М.: Наука, 1996. – 134 с.
2. Владимиров, Ю. А. Свободные радикалы в биологических системах / Ю. А. Владимиров // Соросовский Образовательный журнал. – 2000. – № 3. – С. 20 – 27.
3. Скулачев, В. П. Кислород в живой клетке: Добро и зло / В. П. Скулачев // Соросовский Образовательный журнал. – 1996. – № 4. – С. 2 – 10.
4. Bendich, A., Machlin, I. J., Scandurra, O., Rurton, G. W., Wayner, D. D. M. The atioxidant role of vitamin C // Adv. in Free Radical Biology & Medicine. – 1986. – P. 419.

5. Stocks, J. The auto-oxidation of human red cells lipid induced by hydrogen peroxide / J. Stocks, T. L. Dormandy // Br. J. of Haematology. – 1971. – Vol. 20 – P. 95 – 111.
6. Ellmann, G. L. Tissue sulfhydryl groups / G. L. Tlman // Arch. Biochem. Biophys. – 1959. – Vol. 82. – P. 70 – 77.
7. Mossman, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity / T. Mossman // Immunol. Methods. – 1983. – Vol. 65. – P. 55 – 63.

Results of many studies suggest a role of oxidative stress (high levels of free radicals and a simultaneous decline of antioxidant defense mechanisms) in the development of many pathological processes. The oxidative stress is associated with disturbance of antioxidant-prooxidant balance in the cells and tissues and accompanied by impairment of cellular metabolism and cell death. We have studied the antioxidant effect of natural polyphenols and melatonin during organic hydroperoxide-induced oxidative stress in various cell cultures. The results obtained demonstrated pronounced cytoprotective effect of therapeutic doses of melatonin and natural polyphenols that resulted in the decrease of cell oxidative damage, reducing reactive oxygen species (ROS) generation and increasing cell survival.

Научный руководитель – И. Б. Заходник, зав. кафедрой биохимии, доктор биологических наук, доцент.

УДК 556

И. И. ЯХИМЧИК

ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ БАСЕЙНА р.НЕМАН

Проведен анализ изменения климатических факторов, вызывающих колебания в пространстве и во времени максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья рек бассейна р. Неман. Установлено совпадение форм цикличности максимальных запасов воды в снеге в бассейне р. Неман и стока весеннего половодья рек. Определен характер влияния осушительных мелиораций в этом бассейне в период формирования стока весеннего половодья.

Введение. Водный режим водотока определяется общим физико-географическим процессом, характерным для данной территории, и хозяйственной деятельностью человека. Гидрографическая сеть является важнейшим индикатором развития природных процессов, отличается особой чувствительностью к антропогенным воздействиям. Гидромелиорации, проводимые в больших масштабах, являются наиболее мощным и активным воздействием человека на природу, поскольку они вызывают существенные изменения составляющих водного режима осушенных земель, прилегающих территорий, такие изменения не могут не отразиться на водном режиме водотоков [1, с. 116].

Так в бассейне р. Неман по состоянию на 01.01.2009 г. площадь мелиорированных земель бассейна р.Неман составляет около 4250 км², т.е. 12,4 % от общей площади водосбора (средняя мелиорированность по республике – 16,8 %). Протяженность открытой осушительной сети – 25391 км, закрытой – 106779 км. Отрегулировано на всем протяжении и частично около 350 рек, построено 226 каналов длиной более 5 км, водохранилищ – 18 (общая площадь зеркала – 38,8 км², объем воды – 78,09 млн. м³) [2 – 5].

В ряде случаев мелиоративные мероприятия существенно изменяют сток весеннего половодья, что должно быть учтено при проектировании водохозяйственных сооружений и использовании водных ресурсов. Оценка влияния осушительных мелиораций на максимальный сток проведена рядом исследователей. Однако до настоящего времени вопрос учета влияния осушительных мелиораций на максимальный сток рек весеннего половодья изучен недостаточно и существуют противоречивые мнения о характере его изменения [6, с. 123].

Целью работы является выявление особенностей формирования стока весеннего половодья бассейна р. Неман при проведении осушительных мелиораций.

Материалы и методы исследования. Для анализа влияния мелиоративных работ на годовой сток бассейна р. Неман использовался сравнительный метод. В основе исследования лежат статистически обработанные многолетние данные инструментальных наблюдений Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, по стоку весеннего половодья и максимальным запасам воды в снеге.

Выбор репрезентативных постов на больших и средних реках бассейна Немана осуществлялся исходя из обеспеченности гидрологических створов синхронной метеорологической информацией и максимальной продолжительности действия постов. В целях репрезентативности выбраны следующие гидрологические створы: р. Неман – г. Столбцы, р. Неман – д. Белица, р. Неман – г. Гродно, р. Щара – г. Слоним.

На основе анализа интенсивности проведения мелиоративных работ в 1922 – 2008 гг., было выделено 4 периода: первый – 1922 – 1945 гг., как период естественного состояния водотока, водосбор практически не тронут хозяйственной деятельностью; второй – 1946 – 1966 гг., как период начала интенсивного проведения мелиоративных работ; третий – 1967 – 1990 гг., как период интенсивного проведения мелиоративных работ и, в основном их завершения; четвертый – 1991 – 2008 гг., как период завершения интенсивных мелиоративных работ, стабилизации водных экосистем.

Результаты и их обсуждение. В период 1922 – 2008 гг. происходит заметное снижение максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья на всех постах (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика весеннего половодья по периодам

Река – пост	Период, годы	Максимальный расход, м ³ /с	Слой стока, мм
р. Неман – г. Стобцы	1922 – 1945	227	79
	1946 – 1966	228	80
	1967 – 1990	125	61
	1991 – 2008	71	55
	норма	159	68
р. Неман – д. Белица	1922 – 1945	695	75
	1946 – 1966	681	83
	1967 – 1990	462	63
	1991 – 2008	290	59
	норма	528	70
р. Неман – г. Гродно	1922 – 1945	990	77
	1946 – 1966	975	69
	1967 – 1990	667	57
	1991 – 2008	484	55
	норма	971	65
р. Щара – г. Слоним	1922 – 1945	-	-
	1946 – 1966	98	58
	1967 – 1990	86	58
	1991 – 2008	53	50
	норма	79	55

Период 1922 – 1945 гг. характеризуется самыми высокими значениями максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья (на 25 – 43 и 7 – 18 % выше среднегодовых значений) в сравнении с остальными периодами. В 1946 – 1966 гг. происходит некоторое снижение, но их значения по-прежнему выше нормы на 23 – 43 и 5 – 19 % на всех постах.

В период 1967 – 1990 гг. максимальные расходы и слои стока весеннего половодья становятся ниже нормы на 13 – 21 и 9 – 12% на всех постах, кроме поста р. Щара – г. Слоним, где эти характеристики весеннего половодья выше нормы на 13 и 6 % соответственно. Максимальное отклонение от нормы в сторону снижения характерно для 1991 – 2008 гг. (39 – 56 и 9 – 18%) на всех постах.

Наблюдающееся устойчивая тенденция снижения максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья отражает изменение природных особенностей рассматриваемого водосбора (рисунок 1).

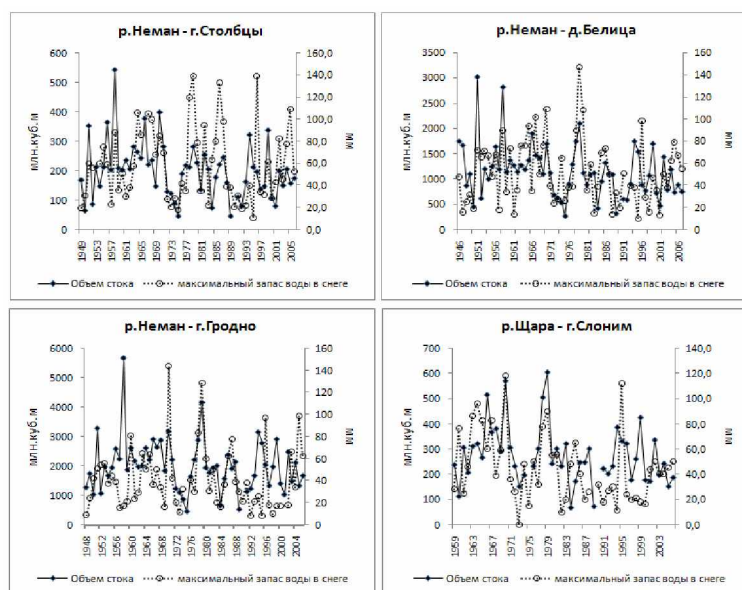


Рисунок 1 – Цикличность максимальных запасов воды в снеге и стока весеннего половодья, по постам

Основными причинами изменения максимального стока рек являются: климатические условия, такие как величина запаса воды в снеге перед началом весеннего половодья, поскольку прослеживается совпадение форм цикличности максимальных запасов воды в снеге и стока весеннего половодья.

Величина запасов воды в снеге перед началом весеннего половодья находится в тесной зависимости от температуры воздуха за зимний сезон (таблица 2). В период 1922 – 2008 гг., прослеживается четкая тенденция увеличения температуры воздуха от периода к периоду, что не могло не отразиться на формировании максимальных запасов воды в снеге, а значит и на характере максимальных расходов и слоях стока весеннего половодья.

Таблица 2 – Динамика суммарной температуры за зимний сезон по периодам, °С

Река – пост	Период, годы			
	1922 – 1945	1946 – 1966	1967 – 1990	1991 – 2008
р. Неман – г. Столбцы	-20	-17	-15	-10
р. Неман – д. Белица	-18	-14	-13	-8
р. Неман – г. Гродно	-16	-12	-11	-7
р. Щара – г. Слоним	-18	-15	-14	-9

Вследствие мелиорации на изменение стока весеннего половодья оказывают разнонаправленное влияние два фактора, это увеличение аккумулирующей емкости водосбора вызывающей потерю талых вод и уменьшение максимальных расходов, и одновременно искусственное увеличение гидрографической сети, способствующей формированию повышенных максимальных расходов.

Поскольку оба фактора действуют одновременно, то величина и степень изменения стока весеннего половодья будет зависеть от преобразования природных особенностей, формирующих сток данного водосбора.

Так водосбор р. Неман в естественном состоянии характеризуется холмисто-рядовым рельефом с плоскими широкими понижениями и близким залеганием водоносных горизонтов. Слагающие их хорошевопроницаемые почво-грунты – супесчаные, песчаные и легкосуглинистые. Реки отличаются извилистостью, долины их неясно выражены, поймы низкие и широкие.

Следствием таких природных особенностей является накопление воды весной в пониженных участках местности и ограниченная емкость подземного бассейна. Потери воды на пополнение грунтовых вод за весеннее половодье невелики. Вследствие осушительных мелиораций снижается уровень грунтовых вод, а мелиоративные каналы врезаются дном в подстилающие грунты, увеличивая аккумулирующую емкость водосбора.

Закключение. В результате исследования выявлены пространственно-временные изменения элементов климата, в первую очередь максимальных запасов воды в снеге, в бассейне р. Неман. Эти изменения отразились на водном режиме рек этого бассейна, в результате чего уменьшились максимальные расходы и слои стока весеннего половодья. Устойчивая тенденция снижения характеристик весеннего половодья рек бассейна Немана начинается с периода 1946–1966 гг. и характерна для остальных исследуемых периодов. В результате нельзя исключать влияние осушительных мелиораций, снижающих уровень грунтовых вод и увеличивающих аккумулирующую емкость водосбора, тем самым вызывая потерю талых вод и уменьшение максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья.

Ввиду особой сложности процесса формирования стока весеннего половодья на реках с мелиорированными водосборами, а так же замене, в последний годы, открытой сети каналов на закрытый дренаж требуется последующий более глубокий анализ дополнительных данных.

Список литературы

1. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск: Тонпик, 2006. – 160 с.
2. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч.; под ред. Е. В. Шмык. – Минск, 2008. – Ч. 1: Сведения об отрегулированных реках по основным речным бассейнам Беларуси. – 224 с.
3. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч.; под ред. Е. В. Шмык. – Минск, 2008. – Ч. 2: Сведения о водохранилищах, прудах и рыбхозах Беларуси. – 161 с.
4. Изменение гидрографической сети Беларуси под воздействием мелиоративных работ: справочник: в 3 ч. – Минск, 2008. – Ч. 3: Сведения о каналах по основным речным бассейнам Беларуси / под ред. Е. В. Шмык. – 161 с.
5. Обобщенные сведения по мелиорации для 688 расчетных створов на водотоках Республики Беларусь по состоянию на 01.01.1982 – 2008 гг. / под ред. Е. В. Шмык. – Минск, 2008. – 245 с.
6. Исследования влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим рек: сб. науч. ст. / Труды ГГИ; науч. ред. И. А. Шикломанов. – Ленинград, 1975. – 240 с.

The atical describes analysis of the change climatic element: the maximum water storage in snow, as the main factor causing fluctuations in space and time of maximum discharge and strata of the spring flood runoff in rivers of Neman basin. It defines the nature of the influence of melioration drainage runoff during spring flood in this basin.

Научный руководитель – **Г. Г. Юхневич**, зав. кафедрой экологии, кандидат биологических наук, доцент.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 67.02

А. А. АНТОНОВИЧ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШТОКА ГАЗОВОЙ ПРУЖИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Рассмотрена технология азотирования ионизированным азотом в плазме тлеющего разряда. Показано, что данная технология может применяться при изготовлении штока газовой пружины.

Азотирование широко используется в автомобиле- и станкостроении, а также в ряде других отраслей промышленности, как низкотемпературная поверхностная упрочняющая обработка деталей и инструментальной оснастки из стали. Главным преимуществом процесса является упрочнение с минимально возможными изменениями размеров обрабатываемых деталей. Однако возможности процесса при использовании традиционных печных технологий ограничиваются низкой управляемостью, невысокой скоростью насыщения, и большой вероятностью формирования слоев с повышенной хрупкостью. Использование технологии азотирования в плазме тлеющего разряда (ионно-плазменного азотирования) позволяет значительно повысить скорость процесса при надежном получении азотированных слоев с заданными параметрами [1].

На ОАО «Белкард» ионное азотирование целесообразно применить при изготовлении штоков газовой пружины.

Газовые пружины широко применяются в машиностроительной промышленности – в конструкциях крановой, подъемной и сельскохозяйственной техники, водного и железнодорожного транспорта (крышки и сиденья), а так же при производстве медицинского оборудования (регулируемые кровати, инвалидные коляски, массажные столы), мебели, витрин, вентиляционных окон и т. п. Область применения газовых пружин все более расширяется.

Для исследования приняты штоки газовой пружины, изготовленные из стали 45 ГОСТ 1050-88.

Шток является самой ответственной деталью в конструкции газовой пружины. К его поверхности предъявляются следующие требования: она должна иметь максимально высокую чистоту (шероховатость), должна быть износостойкой, обладать антифрикционными и коррозионно-стойкими характеристиками. Всем вышеперечисленным требованиям идеально удовлетворяет применение ионного азотирования.

По традиционной технологии поверхность штока газовой пружины подвергается закалке токами высокой частоты (ТВЧ) и покрывается хромом, гальваническим методом. Основными недостатками данных процессов является, высокая энергоемкость и экологический вред наносимый процессом гальванопокрытия.

Ионно-плазменное азотирование – наиболее эффективный метод упрочнения поверхностного слоя изделий, позволяющий получать высокую твердость, износостойкость, усталостную прочность, тепло- и коррозионную стойкость поверхностного слоя деталей машин. Азотированные стали имеют большую (в 1,4-4 раза) износостойкость по сравнению с закаленными, цементованными и нитроцементованными сталями. Высокие служебные характеристики обеспечиваются за счет формирования пластинчатых нитроцементованных слоев с высокой стойкостью к задиру и коррозии.

При азотировании в тлеющем разряде положительные ионы диффундирующего элемента (азота, аммиака) под действием энергии электростатического поля приобретают скорость, вектор которой направлен нормально к обрабатываемой поверхности (катоде).

Энергия иона, полученного в плазме тлеющего разряда, превосходит в 3000 раз энергию атома азота в диссоциированном аммиаке в условиях обычного азотирования.

В отличие от печного азотирования образование азотистого α -твердого раствора начинается после образования нитридов на поверхности, а строение диффузионной зоны и ее фазовый состав определяются протеканием двух конкурирующих процессов, ответственных за формирование азотированного слоя: катодного распыления и обратного катодного распыления [2].

На базе СП «Авиценна Интернешнл» г. Минск было проведено экспериментальное ионно-плазменное азотирование штока газовой пружины (установка промышленного типа модели AP-63).

В качестве плазмообразующих газов использовали водород и азот, а также метан. Получение водорода осуществлялось путем электролиза воды с последующей его очисткой и сушкой, что исключило использование взрывоопасных водородных или аммиачных баллонов под давлением. Предварительная подготовка штока для азотирования производилась отмывкой в не содержащих хлор моющих средах. Установка AP-63 обеспечивает раздельную подачу азота и водорода, что позволяет изменять в широких пределах насыщающую способность атмосферы. Пластичные нитроцементованные слои формируются за счет добавки метана к плазмообразующему газу при температуре обработки 550-580° С и рабочем давлении 500 Па.

Для определения долговечности штока проведены стендовые испытания газовой пружины.

Испытания проводились в испытательной лаборатории ОАО «Белкард» ПАА на стенде для испытания газовых пружин НС-2299, по следующим режимам:

- 1) частота циклов – 6 циклов/мин;
- 2) ход поршня – 150 мм;
- 3) проверка герметичности – в ходе ресурсных испытаний.

В результате анализа азотированного штока установлены следующие характеристики обработанной детали:

- 1) геометрические характеристики и шероховатость поверхности штока после азотирования без изменений – в пределах требований конструкторской документации;

- 2) общая толщина диффузионного слоя (рисунок 1) 1,4 мм (до основной структуры);
- 3) толщина нитридного слоя 0,01 – 0,012 мм;
- 4) твердость нитридного слоя 600 HV;
- 5) твердость зоны внутреннего азотирования 370 HV;
- 6) структура сердцевины без изменений: феррит + перлит сорбитообразный, перлит зернистый;

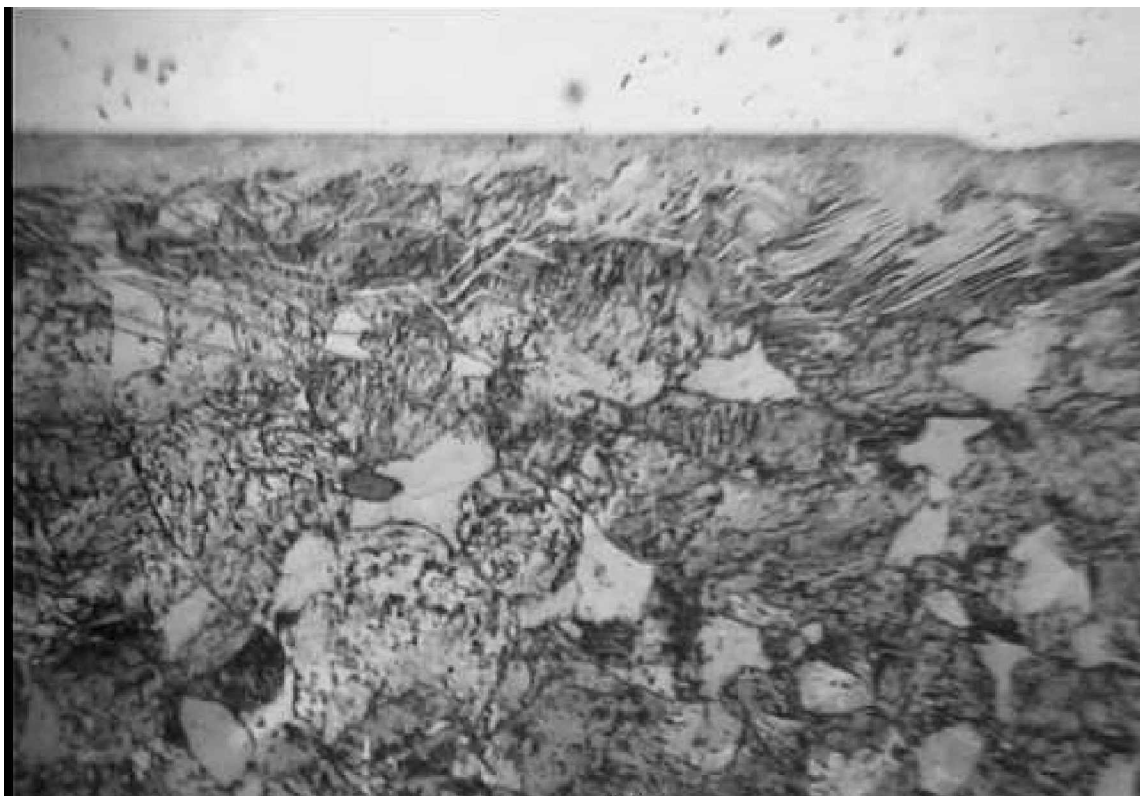


Рисунок 1 – Диффузионный слой (500:1)

Результаты стендовых испытаний:

- 1) Газовая пружина потеряла герметичность после наработки 2000 циклов.
- 2) Испытания продолжены с целью определения ресурса опытного штока и определения значения статической упругости после наработки 30 000 циклов.
- 3) После наработки 30 000 циклов испытания прекращены, газовая пружина разобрана.
- 4) Падение статической упругости пружины – 6% , что соответствует допустимым пределам ТУ.
- 5) Состояние штока, после испытаний – удовлетворительное.
- 6) Поверхности рабочих кромок сальника имеют множественные риски.

Таким образом, использование варианта изготовления штока газовой пружины с применением азотирования целесообразно, так как позволит:

- снизить расход электроэнергии;
- сократить количество операций а, следовательно, и трудозатраты;
- исключить расход пара при хромировании;
- снизить себестоимость детали;
- решить проблему защиты окружающей среды, так как рассматриваемый процесс не связан с выделением вредных отходов и газов.

Список литературы

1. Технология, оборудование, автоматизация, неразрушающий контроль процессов нагрева и упрочнения деталей на машиностроительных предприятиях: сб. науч. трудов / под ред. П. С. Гурченко. – Минск: Технопринт, 2002. – 163 с.
2. Лахтин, Ю. М. Азотирование стали / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
3. Материаловедение: учеб. пособие для вузов / В.А. Струк [и др.]; под общ. ред. В. А. Струка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 519 с.

Production of gas spring rod with ionized nitrogen nitriding in glow discharge plasma can: reduce energy consumption, reduce the number of operations, reduce the cost of details, to solve the problem of environmental protection.

Научный руководитель – **В. И. Кравченко**, профессор кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий, кандидат технических наук.

УДК 621.643

В. И. БАКАЛО

МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДИЗОЛИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ

Проведен анализ рынка материалов и технологий, используемых в конструкциях современных трубопроводов. Определены наиболее рациональные виды теплоизоляционных материалов, пригодных для использования в конструкциях трубопроводов. Определены составляющие экономического эффекта, при применении предварительно изолированных трубопроводов. Рассмотрено влияние структуры материала на теплоизоляционные характеристики. Предложены варианты композиционных материалов на основе вспененных матриц.

Сегодня практически ни одна область современной промышленности не обходится без использования транспортных трубопроводов. Важным преимуществом трубопроводов считается способность изолировать транспортируемые продукты от окружающей среды, исключая нанесение вреда экологии.

Теплоизоляционные конструкции включают в себя защитное покрытие поверхности труб от коррозии, основной слой изоляции (несколько слоев) и защитная оболочка, предохраняющая основной слой теплоизоляции от механических повреждений, воздействия атмосферных осадков и агрессивных сред. К защитной оболочке относятся также средства и детали крепления покровного слоя и изоляции в целом. Теплоизоляционная конструкция представляет собой комплекс, отвечающий совокупности требований, определяемых внутренними условиями работы изолируемого объекта и внешними условиями эксплуатации конструкции.

Экономические аспекты функционирования той или иной сферы деятельности человека выходят на первый план, требуя инновационного, эффективного решения вопроса управления материальными ресурсами и человеческим потенциалом. Ситуация по развитию экономики требует сегодня повышения эффективности используемых материальных ресурсов, для чего промышленность по производству теплоизоляционных материалов постоянно совершенствуется и увеличивает количество и виды энергоэффективных материалов для использования в сферах хозяйствования, требующих сбережения используемой тепловой энергии.

Теплоизоляционные материалы и конструкции предназначены для уменьшения потерь тепла трубопроводами и оборудованием тепловых сетей, поддержания заданной температуры теплоносителя. Уменьшение транспортных потерь тепла является главным средством экономии топлива. Учитывая сравнительно небольшие затраты на теплоизоляцию трубопроводов, очень важным в вопросах сохранения транспортируемого тепла по трубопроводам является их покрытие высококачественными и эффективными теплоизоляционными материалами.

В технологическом и энергетическом оборудовании тепловая изоляция снижает потери теплоты, обеспечивает необходимый температурный режим, снижает удельный расход топлива на единицу продукции, оздоравливает условия труда. Чтобы получить достаточный эффект от применения тепловой изоляции, в инженерных проектах производятся соответствующие тепловые расчеты, в которых принимаются конкретные разновидности теплоизоляционных материалов и учитываются их теплофизические характеристики. Эти мероприятия позволяют успешно решать проблему экономии топливно-энергетических ресурсов.

Самым характерным признаком теплоизоляционных материалов является их высокая пористость, поскольку воздух в порах имеет меньшую теплопроводность, чем окружающее его вещество в конденсированном состоянии (твердом или жидком).

Структура теплоизоляционных материалов характеризуется наличием твердой и газообразной фаз; нередко присутствует и жидкая фаза, например вода в свободном состоянии. Эти газообразная и конденсированные фазы участвуют в передаче теплоты; кроме того, теплота передается через границы пор с твердым веществом.

Теплопередача пор складывается из теплопроводности газа в порах, конвективной передачи теплоты и теплоизлучения газа. Второе слагаемое общей теплопередачи пор – конвекция. В порах размером меньше 5 мм она практически отсутствует и поэтому не учитывается. Но при большей величине пор или их непрерывности конвекция становится больше.

Третье аддитивное слагаемое теплопередачи – теплоизлучение – зависит от черноты стенок пор, формы и размера пор, температуры. Величина излучения имеет большое значение при передаче теплоты в порах, особенно при высоких температурах, так как она пропорциональна кубу температуры. В результате может оказаться, что теплопередача при высокой температуре высокопористых изделий будет выше, чем менее пористых.

Твердая фаза имеет большую теплопроводность и поэтому, когда она является в структуре непрерывной, теплопроводность материала оказывается в два раза выше, чем при непрерывности пор. В волокнистых теплоизоляционных материалах непрерывными в структуре являются как твердые фазы, так и поры, поэтому их теплопроводность весьма значительно зависит от лучистой составляющей теплопроводности.

С учетом физических факторов, влияющих на общую или эффективную теплопроводность в гетерогенных пористых телах, на практике и в теории были предложены основные способы получения теплоизоляционных материалов: пористо-волокнистых (минеральной и стеклянной ваты, древесноволокнистых материалов с применением асбеста и др.), пористо-зернистых (перлитовых, вермикулитовых, известково-кремнеземистых и др.), ячеистых (газобетонов, пенобетонов, пеностекла, пенопластов и др.). Различия между ними не только в составе и структуре конечного продукта, но и в технологическом способе поризации.

С целью определения наиболее эффективных были проведены испытания образцов распространенных теплоизоляционных материалов (применимых к транспортным трубопроводам): минеральной ваты, пенопласта (пенополистирола), экструдированного пенополистирола, вспененного полиэтилена.



Рисунок 1 – Исследуемые образцы

Проведены оптические исследования данных образцов. Был определен средний размер диаметра пор, равный среднеарифметическому значению соответствующего количества пор. Полученные данные проверены на соответствие соответствующим требованиям. Номинальные размеры, дефекты внешнего вида, правильность геометрической формы исследуемых образцов удовлетворяют требованиям соответствующих СТБ и ГОСТ.

На следующем этапе испытаний был установлен коэффициент теплопроводности имеющихся образцов.

Коэффициент теплопроводности образцов, Вт (м·К)



Рисунок 2 – Экспериментально установленный коэффициент теплопроводности образцов

На основании изученного материала и полученных результатов испытаний был сделан вывод, что пенополиуретан является одним из самых эффективных экологически чистых теплоизоляционных материалов, имеющих высокое качество и уникальные эксплуатационные свойства. Производство ППУ изоляции является высоко технологичным и не требует крупных финансовых вложений.

В данный момент проводятся исследования композиционных материалов на основе вспененных матриц с введением в них наполнителей. В качестве которых были выбраны следующие материалы: дробленое стекло, древесные опилки, вспененные гранулы пенополистерола, гранулы полиэтилена. Целью проводимой работы является исследование механизмов теплопроводности композиционных материалов на основе вспененных матриц и разработка составов компонентов с оптимальными характеристиками.

Предварительно изолированные пенополиуретаном трубы представляют собой жесткую конструкцию, состоящую из стальной или стальной оцинкованной трубы, изолирующего слоя из жесткого пенополиуретана и внешней гидрозащитной полиэтиленовой оболочки для подземной бесканальной прокладки или оболочки из тонколистовой оцинкованной стали для надземной прокладки трубопроводов.

Применение трубопроводов в пенополиуретановой изоляции обеспечивает такие преимущества перед существующими конструкциями, как снижение тепловых потерь, снижение капитальных затрат при строительстве тепловых сетей, повышение срока эксплуатации, снижение эксплуатационных расходов.

Составляющие экономического эффекта при применении предварительно изолированных трубопроводов складываются из экономии капитальных вложений при перекладке теплотрасс, стоимости сэкономленного топлива, годовой экономии средств от повышения долговечности тепловых сетей, годовой экономии средств от снижения расходов на текущий ремонт тепловых сетей, годовой экономии средств от снижения расходов на эксплуатацию тепловых сетей.

Список литературы

1. Копко, В. М. Теплоизоляция трубопроводов теплосетей / В. М. Копко. – Минск, Технопринт, 2002. – 52 с.
2. Бобров, Ю. Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 72 с.
3. Струк, В. А. Материаловедение и конструкционные материалы: курс лекций для студентов технических специальностей: учебное пособие: в 3-х ч. / В. А. Струк. – Гродно: ГрГУ, 2006. – Ч. 3. – 35 с.
4. Бухин, В. Е. Предварительно изолированные трубопроводы для систем централизованного теплоснабжения / В. Е. Бухин // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 3. – 31 с.

In this paper we analyze the market and technology of materials used in the construction of modern pipelines. Determine the most rational types of insulating materials suitable for use in the construction of pipelines. Identified components of the economic effect, the application of pre-insulated pipes. The influence of material structure on the thermal insulation characteristics. The variants of composite materials based on the foam matrix.

Научный руководитель – С. В. Авдейчик, зав. кафедрой материаловедения и ресурсосберегающих технологий, кандидат технических наук, доцент.

УДК 621.9

Д. В. ВОРОНЦОВ

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ТРЕХКУЛАЧКОВОГО ТОКАРНОГО ПАТРОНА

Рассмотрены возможности оптимизации конструкции деталей токарного патрона с применением CALS-технологий. Предложено использование стали пониженной прокаливаемости 60ПП для изготовления приводной шестерни. Проведенная работа позволяет повысить надежность технологической оснастки

Широко известно, что применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ на производстве, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Кроме того, использование возможностей мощных вычислительных систем, например, компьютерных кластеров семейства «СКИФ», позволяет за короткое время провести большой объем испытаний, носящих виртуальный характер. Данный подход позволяет достигать существенной экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов при принятии конструкторских решений, проектировании новых видов промышленной продукции и т.п.

В работе оптимизировали конструкцию токарного патрона 3-250.35.01, массово выпускаемого РУП «БелТАПАЗ». Для оптимизации данной конструкции, представляющей собой трехкулачковый патрон, необходимо проанализировать существующие опасные сечения для определения возможных вариантов технических решений. Анализ напряженно-деформированного состояния деталей и сопряжений указанного патрона, проведенный с помощью программного комплекса LS-Dyna, показывает, что таким сечением является сопряжение приводной шестерни и спирального диска. Это сопряжение заслуживает особого внимания, так как при закреплении заготовки в кулачках оснастки необходимо приложить усилие при «затягивании» шестерни, при этом, превышение допустимых усилий приводит к возникновению высоких значений внутренних напряжений в месте контакта «приводная шестерня – диск» (рис. 1) [1]. Следует отметить, что приводную прямозубую шестерню изготавливают из стали 40Х, а диск с винтовой спиральной канавкой из стали 25ХГТ (18ХГТ). В результате многократных нагружений данного сопряжения возможно образование микротрещин в основании зубьев шестерни с последующей их поломкой.

Для проведения виртуальных испытаний токарного патрона с оптимизированными конструктивными элементами использовали, созданную методом наложения конечно-элементной сетки в пакете NXUnigraphics 5, конечно-элементную модель косозубого зацепления «приводная шестерня – диск», построенного в программном пакете SolidWorks [2]. Для описания материалов, внешних воздействий и граничных условий готовая конечно-элементная модель была экспортирована в препроцессор LsPrePost программного комплекса LS-Dyna, который позволяет производить высокоуровневое определение параметров виртуальных экспериментов. Исследование напряженно-деформированного состояния производили посредством анализа испытываемой сборки по критерию Фон Мизеса.

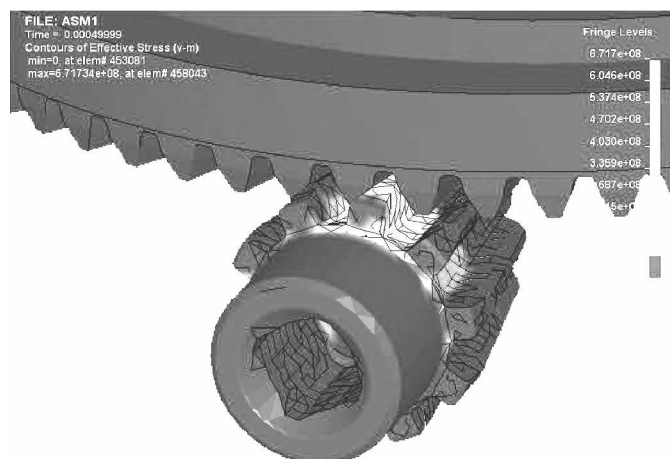


Рисунок 1 – Результаты анализа напряженно-деформированного состояния прямозубого зацепления трехкулачкового токарного патрона 3-250.35.01 [1]

Проведенные виртуальные испытания зубчатого зацепления позволяют установить следующие особенности напряженно-деформированного состояния его элементов:

- зубья приводной шестерни нагружаются неравномерно, наиболее нагруженной частью зуба является центральная часть (рис. 2);
- при выборе материала и режимов термического упрочнения необходимо учитывать особенности нагружения зубчатой шестерни;
- конструкция косозубой шестерни позволит более равномерно распределить нагрузку в местах контакта.

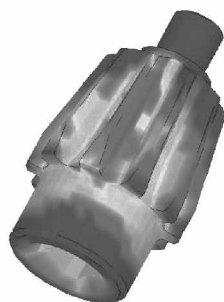


Рисунок 2 – Результаты анализа напряженно-деформированного состояния прямозубой приводной шестерни трехкулачкового токарного патрона 3-250.35.01 [1]

С целью снижения уровня максимальных напряжений, возникающих в данном зацеплении, а так же для увеличения площади зацепления зубчатой передачи необходимо заменить конструкцию прямозубого сопряжения на косозубую (рис. 3). Для повышения прочностных характеристик приводной конической шестерни, предложено заменить сталь 40Х с нормализацией на сталь 60ПП с объемно-поверхностной закалкой (ОПЗ). Полученные данные анализа напряженно-деформированного состояния предложенного профиля косозубой конической шестерни, выполненной из стали 60ПП представлены на рисунке 4.

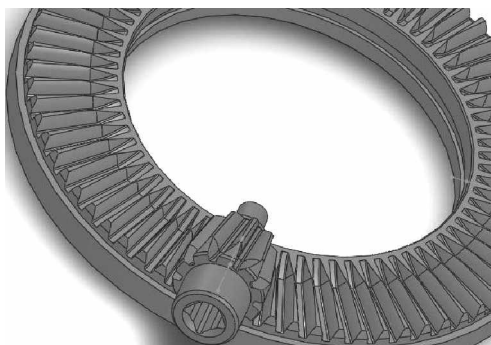


Рисунок 3 – Оптимизированный узел приводная шестерня – спиральный диск трехкулачкового токарного патрона 3-250.35.01

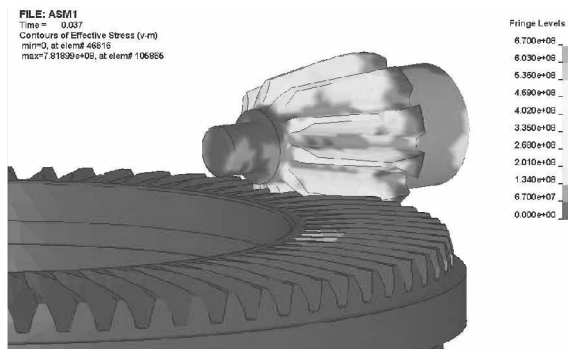


Рисунок 4 – Результаты анализа напряженно-деформированного состояния косозубого зацепления трехкулачкового токарного патрона 3-250.35.01

Важным этапом производства деталей прецизионной оснастки, к числу которых относят и токарные патроны, является операция термообработки, в результате которой производимая деталь приобретает конечные эксплуатационные характеристики, определяющие ресурс ее работы. Для закалки приводных шестерен токарных патронов предложено использовать установку для глубокого индукционного нагрева, позволяющую термообрабатывать стали пониженной прокаливаемости. Указанный вид оборудования наиболее подходит для рассматриваемой детали, поскольку при нагреве в машинном генераторе будут сильнее нагреваться впадины, а в ламповом генераторе – вершины зубьев. Применение ОПЗ для обработки сталей пониженной прокаливаемости 60ПП позволяет добиться формирования упрочненного поверхностного слоя. Так в процессе стандартной закалки структура зубьев шестерни изготовленных из стали 40Х представлена мартенситом по всему объему, что приводит к повышению уровня внутренних напряжений структурных элементов, в то время как при ОПЗ шестерни из стали 60ПП достигается контурная закалка профиля зуба. При этом твердость поверхностных слоев зубьев шестерни увеличивается с 50...52 HRC до 58...60 HRC, а твердость сердцевины остается на уровне 42...43 HRC, что в конечном итоге положительно сказывается на напряженно-деформированном состоянии поверхности изготавливаемой детали.

Проведение стендовых испытаний токарных патронов с приводными шестернями, выполненными из стали 60ПП, подвергнутой закалке, по наработке на отказ и на срок сохранения точности работы оснастки указывают на положительный эффект разработки (табл.) и перспективность ее успешного внедрения в действующий производственный процесс изготовления токарных патронов в условиях ОАО «БелТАПАЗ».

Таблица – Результаты испытаний трехкулачкового токарного патрона 3-250.35.01 с приводной шестерней стали 60 ПП по наработке на отказ

№ интервала	Наработка, циклов	Фактические значения точностных показаний	Допустимые значения точностных показаний по ГОСТ 1654-86
1	5000	Радиальное биение оправки Ø 32 мм – 98 мкм	100 мкм
		Радиальное биение оправки Ø 50 мм – 98 мкм	
		Радиальное биение оправки Ø 55 мм – 98 мкм	
		Радиальное биение кольца Ø 160 мм – 99 мкм	120 мкм
		Радиальное биение кольца Ø 150 мм – 99 мкм	
		Торцовое биение кольца Ø 150 мм – 68 мкм	70 мкм
		Торцовое биение кольца Ø 160 мм – 68 мкм	
2	5000	Радиальное биение оправки Ø 32 мм – 100 мкм	100 мкм
		Радиальное биение оправки Ø 50 мм – 100 мкм	
		Радиальное биение оправки Ø 55 мм – 100 мкм	
		Радиальное биение кольца Ø 160 мм – 100 мкм	120 мкм
		Радиальное биение кольца Ø 150 мм – 100 мкм	
		Торцовое биение кольца Ø 150 мм – 70 мкм	70 мкм
		Торцовое биение кольца Ø 160 мм – 70 мкм	
3	2000	Радиальное биение оправки Ø 32 мм – 100 мкм	100 мкм
		Радиальное биение оправки Ø 50 мм – 100 мкм	
		Радиальное биение оправки Ø 55 мм – 100 мкм	
		Радиальное биение кольца Ø 160 мм – 100 мкм	120 мкм
		Радиальное биение кольца Ø 150 мм – 100 мкм	
		Торцовое биение кольца Ø 150 мм – 70 мкм	70 мкм
		Торцовое биение кольца Ø 160 мм – 70 мкм	

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности комплексного подхода к решению задачи повышения ресурса узла привода трехкулачкового токарного патрона, включающего изменение конструкции приводной шестерни, замену материала, для ее изготовления на сталь пониженной прокаливаемости и изменение технологии термообработки.

Список литературы

1. Горячева, Е. Т. Методы оптимизации конструкции прецизионной технологической оснастки / Е. Т. Горячева, А. А. Скаскевич // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6. Тэхніка. – 2011. – № 1 (116). – С. 77 – 81.
2. Чигарев, А. В. ANSYS для инженеров: справ. пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смлюк. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.

Possibilities of optimization of the turning cartridge details with CALS-technology are considered. The use of low-hardenability steel 60PP for the manufacture of the gear wheel is proposed. This work improves the reliability of industrial equipment.

Научный руководитель – А. А. Скаскевич, доцент кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий, кандидат технических наук, доцент.

УДК 691.332.5

В. А. ГАВРИЛЕНКО

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТОВ

Исследовано влияние специальных химических добавок на физико-механические характеристики композиционных строительных материалов на основе силикатов. Показана эффективность применения пластификаторов для увеличения прочности ячеистого силикатного бетона.

В «Основных направлениях развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998 – 2015 гг.» посредством прогноза отраслевой структуры инвестиций в основной капитал и прогноза отраслевой структуры строительно-монтажных работ определена потребность внутреннего рынка страны в строительных материалах, изделиях и конструкциях до 2015 г. включительно. Осуществляемая Минстройархитектуры Республики Беларусь научно-техническая политика включает переход на наиболее эффективные архитектурно-конструктивные системы объектов строительства, что заметно изменяет сложившуюся потребность во многих видах строительных материалов и изделий.

Особая роль в новых конструктивных системах гражданского и промышленного строительства отводится изделиям из ячеистого силикатного бетона, обладающим существенными преимуществами перед другими строительными материалами.

Ячеистый силикатный бетон является экологически чистым неорганическим строительным материалом и изготавливается из местного и относительно недорогостоящего сырья: песка, извести и цемента. Это один из самых экономичных материалов. Экономия достигается при его производстве, транспортировке, строительстве и эксплуатации зданий.

Низкая плотность и высокие теплоизолирующие свойства ячеистого бетона позволяют снизить массу стен втрое по сравнению со стенами из кирпича и в 1,7 раза – из керамзитобетона. Трудозатраты при производстве изделий из ячеистого бетона и при кладке стен зданий из них соответственно в три и два раза меньше, чем при строительстве зданий из кирпича.

В силу своих теплотехнических и прочностных свойств ячеистобетонные изделия являются единственным в республике материалом, из которого возможно в настоящее время получить однослойные ограждающие стены с требуемым термическим сопротивлением.

Ячеистый бетон – это легкий искусственный материал, полученный в результате твердения поризованной смеси, состоящей из гидравлических вяжущих веществ, тонкодисперсного кремнеземистого компонента, воды и газообразующей добавки [1-3].

Промышленное ядро строительного комплекса Республики Беларусь образует промышленность строительных материалов, ключевую роль в которой играет создание композиционных материалов. Одним из таких композиционных материалов является ячеистый бетон. Создание новых и совершенствование применяемых составов ячеистого бетона является важной задачей, решение которой обеспечит снижение затрат на производство данного вида материала. В связи с этим в производстве ячеистого бетона стали широко применяться различные модифицирующие добавки неорганического и органического происхождения, способствующие изменению свойств, структуры и фазового состава материала в заданном направлении. В качестве таких добавок используются: двуводный гипс, сульфатно-сульфат магнезия, ангидрит и др. Тем не менее, проблема сохранения прочности при снижении средней плотности до конца так и не решена.

Разработка научно-технологических основ повышения прочности ячеистого бетона за счет изменения структуры и фазового состава продуктов гидросиликатного твердения, интенсификации гидратационных и кристаллизационных процессов при автоклавировании является перспективным направлением, так как потенциал увеличения прочностных характеристик данного материала за счет его химизации является достаточно высоким.

Применение добавок является одним из перспективных направлений технического прогресса в технологии приготовления бетона. Вводимые в небольших количествах добавки являются эффективными регуляторами формирования структуры, позволяющими коренным образом улучшить технологические свойства бетонных и растворных смесей, а также конструктивные характеристики бетона. Исследования и применение химических добавок развивается быстрыми темпами.

Поэтому целью данных исследований являлось изучение влияния химических добавок на физико-механические характеристики ячеистого силикатного бетона.

Объектом исследований являлся состав ячеистобетонной смеси для газосиликатных блоков марки D 400-500 производства ОАО «Гродненский комбинат строительных материалов». Для улучшения физико-механических свойств ячеистого силикатного бетона применяли пластификатор С-3. Пластификатор С-3 – разжижитель на основе лигносульфоната нафталина, производится в виде водного раствора и сухого вещества.

Для проведения опытов было приготовлено три состава ячеистобетонной смеси, рассчитанной на получение ячеистого бетона плотностью 300, 400 и 500 кг/м³. Каждый состав смеси разделили на четыре части. В три части из четырех ввели пластифицирующую добавку С-3 в количестве 0,5, 1 и 1,5% сухой массы соответственно. Четвертая часть смеси каждого состава – контрольная, не содержит пластификатора.

Формование образцов осуществлялось литьевым способом. Определение физико-механических характеристик композиционного материала проводили по стандартным методикам [4-7].

Основной целью модифицирования ячеистобитонной смеси химическими добавками являлось увеличение прочности с сохранением плотности образцов и обеспечением водотвердого отношения (В/Т) в заданных пределах. Результаты исследований образцов на текучесть (табл. 1) показали, что оптимальные значения текучести обеспечиваются при введении пластификатора С-3 в состав смеси в количестве 1%.

Таблица 1 – Значения текучести композиционного материала в зависимости от типа смеси

Тип смеси в зависимости от плотности ячеистого бетона	Значение текучести, мм			
	Количество пластификатора С-3, %			
	0	0,5	1	1,5
300 кг/м ³	378	436	476	483
400 кг/м ³	359	416	449	456
500 кг/м ³	322	376	399	405

С целью определения прочностных характеристик, плотности и влажности были изготовлены и подвергнуты автоклавной обработке образцы силикатного ячеистого бетона с размерами 100×100×100 мм из смесей, рассчитанных на получение ячеистого бетона плотностью 300, 400 и 500 кг/м³ с добавлением 1% пластификатора С-3. Результаты определения физико-механических характеристик разработанных композитов представлены в табл. 2-4.

Таблица 2 – Значения прочности при сжатии композиционного материала в зависимости от типа смеси

Тип смеси в зависимости от плотности ячеистого бетона	Значение прочности при сжатии, МПа	
	Количество пластификатора С-3, %	
	0	1
300 кг/м ³	0,52	0,73
400 кг/м ³	0,78	1,12
500 кг/м ³	2,02	3,05

Таблица 3 – Значения плотности композиционного материала после автоклавной обработки в зависимости от типа смеси

Тип смеси в зависимости от плотности ячеистого бетона	Значение плотности, кг/м ³	
	Количество пластификатора С-3, %	
	0	1
300 кг/м ³	308	303
400 кг/м ³	402	398
500 кг/м ³	512	502

Таблица 4 – Значения влажности композиционного материала после автоклавной обработки в зависимости от типа смеси

Тип смеси в зависимости от плотности ячеистого бетона	Значение влажности, %	
	Количество пластификатора С-3, %	
	0	1
300 кг/м ³	21	16
400 кг/м ³	22	17
500 кг/м ³	24	17

Одной из основных механических характеристик ячеистого бетона является пластическая прочность. По своему определению, пластическая прочность является аналогом такой характеристики, как предельное напряжение сдвига, по значениям которой можно судить об эффективности введения той или иной добавки. Так, увеличение значения пластической прочности смеси, а, следовательно, предельного напряжения сдвига свидетельствует о повышении устойчивости ячеистобетонной смеси в период интенсивного протекания процесса поризации, о создании более прочной структуры межпоровой перегородки в ранние сроки твердения до 10 часов.

Пластическая прочность характеризуется сопротивлением, которое смесь оказывает проникновению конуса (пластометра) при постоянной нагрузке. Высокая пластическая прочность ячеистобетонной смеси и ее интенсивное нарастание благоприятно сказывается на устойчивости смеси и сроках выдержки отформованных изделий до автоклавной обработки. Если значение пластической прочности, устанавливаемое пластометром, ниже требуемого, то вводят ускорители схватывания, повышают температуру воды затворения, изменяют текучесть или используют другие возможные способы и, таким образом, подбирают необходимые параметры для получения ячеистобетонной смеси, обладающей нужной несущей способностью.

Результаты исследований пластической прочности после введения в ячеистобетонные смеси 1 масс.% пластификатора С-3 представлены на рисунке 1.

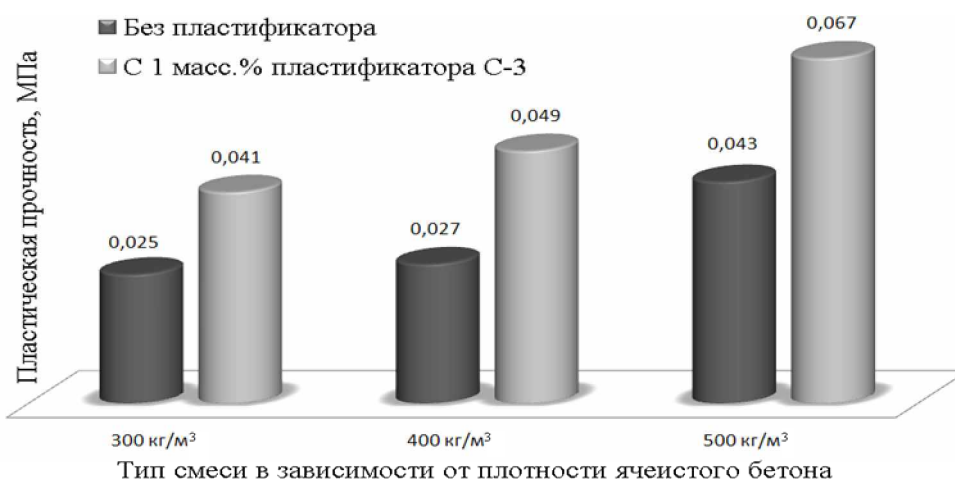


Рисунок 1 – Значения пластической прочности ячеистобетонных смесей различных составов

В результате проведенных работ по исследованию влияния химических добавок на физико-механические характеристики композиционных строительных материалов на основе силикатов было установлено, что при введении пластификатора С-3 в количестве 1% сухой массы позволяет увеличить предел прочности при сжатии ячеистого силикатного бетона практически в 1,5 раза и пластической прочности – в 1,6 раза.

Список литературы

1. Зейфман, М. И. Изготовление силикатного кирпича и сикатных ячеистых материалов/ М. И. Зейфман. – М.: стройиздат, 1990. – 183 с.
2. Сажнев, Н. П. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика / Н. П. Сажнев, В. Н. Гончарик, Г. С. Гарнашевич. – Минск, 2004. – 381 с.
3. Галкин, С. Л. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика / С. Л. Галкин, Н. П. Сажнев, Л. В. Соколовский. – Минск, 2006. – 446 с.
4. ГОСТ 12852.0-77. Бетон ячеистый. Общие требования к методам испытаний. – Взамен ГОСТ 12852-67; введ. 01.07.1978 до 01.09.1994. – 4 с. – Группа Ж19.
5. ГОСТ 10180-90. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Взамен ГОСТ 10180-78; введ. 01.01.91 до 01.09.2006. – 31 с. – Группа Ж19.
6. ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Методы определения плотности. – Взамен ГОСТ 12730-67; введ. 01.01.80 до 01.06.2007. – 5 с. – Группа Ж19.
7. ГОСТ 12730.2-78. Бетоны. Метод определения влажности. – Взамен ГОСТ 12852.2-77; введ. 01.01.80 до 01.06.2007. – 4 с. – Группа Ж19.

Investigated the influence of specific chemical additives on the physical-mechanical properties of composite building materials based on silicates. Shown the efficiency of plasticizing agents to increase the strength of porous silica concrete.

Научный руководитель – А. С. Антонов, преподаватель кафедры логистики и методов управления.

УДК 678.046.36

Ю. Ю. ГИДРЕВИЧ

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИАМИДА, НАПОЛНЕННОГО ДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ГОЛУБОЙ ГЛИНЫ

Рассмотрена возможность многофункционального использования доступных наполнителей полимерных матриц. Обоснована природа активности дисперсных частиц голубой глины и исследовано влияние активированного наполнителя на реологические характеристики расплава полиамида 6.

На данный момент мировое сообщество столкнулось с проблемой истощения традиционных источников сырья, используемого промышленностью. Поэтому особо остро стоит вопрос об использовании недефицитных сырьевых ресурсов, обладающих низкой стоимостью.

Относительно функционального материаловедения проблема состоит в обеспечении прочностных и триботехнических характеристик композиционных материалов по средствам доступных наполнителей. Речь идет о возможности придания наполнителю ценных свойств за счет модификации поверхности дисперсных частиц.

В настоящее время существует несколько подходов к обработке наполнителей полимерных композиционных материалов:

- использование аппретов или функциональных групп, обеспечивающих возникновение химической связи между наполнителем и полимерной матрицей;
- придание частицам наполнителя нескомпенсированного заряда, который способствует увеличению адгезии наполнителя к связующему и изменяет кристаллическую структуру полимера.

Термопластичные полимерные материалы широко используются в машиностроении, они традиционно обладают удовлетворительными триботехническими характеристиками, но невысокими физико-механическими свойствами. Поэтому их использование без наполнителей для изготовления деталей, работающих под нагрузкой, не представляется возможным.

Полиамид 6 (ПА6) является кристаллизующимся полимером, относящимся к группе линейных полиамидов. Использование полиамида-6 в качестве конструкционного материала связано, как с его базовыми свойствами, так и с широкими возможностями модификации материала.

Для достижения максимального эффекта модифицирования полимеров с помощью наполнителей необходимо направленно взаимодействовать на процессы структурообразования в связующем.

Молекулярная упорядоченность полимера в надмолекулярных образованиях определяется характером взаимодействия поверхности частиц наполнителя с полимером. Введение активных наполнителей способствует увеличению плотности упаковки макромолекул, в случае введения неактивных наполнителей вокруг дисперсных частиц возникает дефектная структура с более рыхлой упаковкой.

Активность наполнителя может обеспечить возникновение физических сил взаимодействия между матрицей и наполнителем, в результате чего значительно повышается вязкость расплава [2].

Использование в качестве наполнителя слоистых силикатов дает возможность получения активного наполнителя за счет энергии, потенциально присущей частицам вследствие особенностей строения.

В результате механического воздействия на дисперсные частицы из межслоевых промежутков высвобождаются катионы металлов, частицы приобретают структурные дефекты, о чем свидетельствуют ярко выраженные пики на спектрах ТСТ, которые в разы интенсивнее, чем для образцов, не подвергнутых активации.

Цель работы: обосновать активность механообработанных частиц голубой глины и определить наличие взаимодействия между наполнителем и матрицей, исходя из реологических характеристик расплава.

Исследовались различные виды глины: белая, голубая, черная. Время обработки наполнителя в лопастном активаторе, при частоте вращения лопастей 1000 об/мин, для получения максимального значения ТСТ, отличается в зависимости от вида глины.

Изучались водные вытяжки из суспензий различных видов глины. Был измерен водородный показатель pH и проведены качественные реакции на катионы калия.

Для определения реологических характеристик были составлены композиции на основе ПА-6 с содержанием голубой глины 0,1; 0,5 и 1 масс.%. Для каждой из композиций компоненты были совместно обработаны в течение 3 мин в лопастном активаторе, при частоте вращения лопастей 100 об/мин.

ПТР является единственной стандартизированной реологической характеристикой расплава. Согласно ГОСТ, величину ПТР определяют на специализированном капиллярном вискозиметре - экструзионном пластометре ИИРТ.

Прибор состоит из цилиндра с поршнем, на выходе из цилиндра установлен капилляр.

Суть метода состоит в том, что в резервуар загружают полимер, термостатируют при заданной температуре и нагружают шток стандартными грузами. Измеряют массу m (в г) экструдированных прутков, выдавливаемых за выбранное фиксированное время (в с).

Показатель текучести расплава определяется по формуле:

$$ПТР(T, P) = \frac{S \cdot m}{\tau}, \text{ г/10 мин,}$$

где T – температура испытания, К;

P – нагрузка, Н;

S – стандартное время (интервал времени отсечения отрезков по ГОСТ 11645-73);

m – средняя масса отрезков, г;

τ – интервал времени между двумя последними отсечениями отрезков, с.

Условия проведения эксперимента: $T = 230 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 21,17 \text{ Н}$, диаметр капилляра 1 мм, время отсечения отрезков 2 мин.

Изучая водные вытяжки из суспензий различных видов активированных и не активированных глин, были получены показатели pH, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Значения pH для водных вытяжек из суспензии глины

образец	не подвергнутая активации	активированная
белая глина	7,46	7,1
голубая глина	7,98	5,44
черная глина	8,21	7,74

Для всех образцов активация сопровождается уменьшением показателя рН, т. е. кислотность среды повышается. Очевидно, что механическая обработка привела к диспергированию системы. Так как глины обладают совершенной спайностью, то разрушаются они по межпакетным областям, а на ювенильных поверхностях частиц оказываются катионы металлов из межслоевых промежутков, что обуславливает активность частиц. Высвобождение данных катионов и является причиной изменения кислотности среды.

В результате проведения качественных реакций на катионы K^+ малое его количество было обнаружено в вытяжке из голубой глины. Также по средствам оптической микроскопии определено, что среди исследуемых образцов активация не приводит к агломерации только частиц голубой глины. Белая и черная глины после активации склонны к образованию агломератов, что крайне нежелательно при их использовании в качестве наполнителей ПКМ.

Результаты реологических исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты проведения реологических исследований

Состав	ПА-6	ПА-6, 0,1 мас.% глины	ПА-6, 0,5 мас.% глины	ПА-6, 1 мас.% глины
Масса 1, г	0,8033	0,7307	0,6826	0,6080
Масса 2, г	0,7593	0,7237	0,6986	0,6058
Масса 3, г	0,7868	0,7402	0,7111	0,6251
Ср. масса, г	0,7831	0,7315	0,6974	0,6130
ПТР_{503,21}, г/10 мин	3,92	3,636	3,487	3,065

Зависимость ПТР от количества наполнителя представлена в виде графика на рисунке 1.

Как и предполагалось, активированные частицы глины оказывают упорядочивающее влияние на окружающую среду и приводят к более плотной упаковке макромолекул, возникновению физических сил взаимодействия и, соответственно, к повышению вязкости расплава.

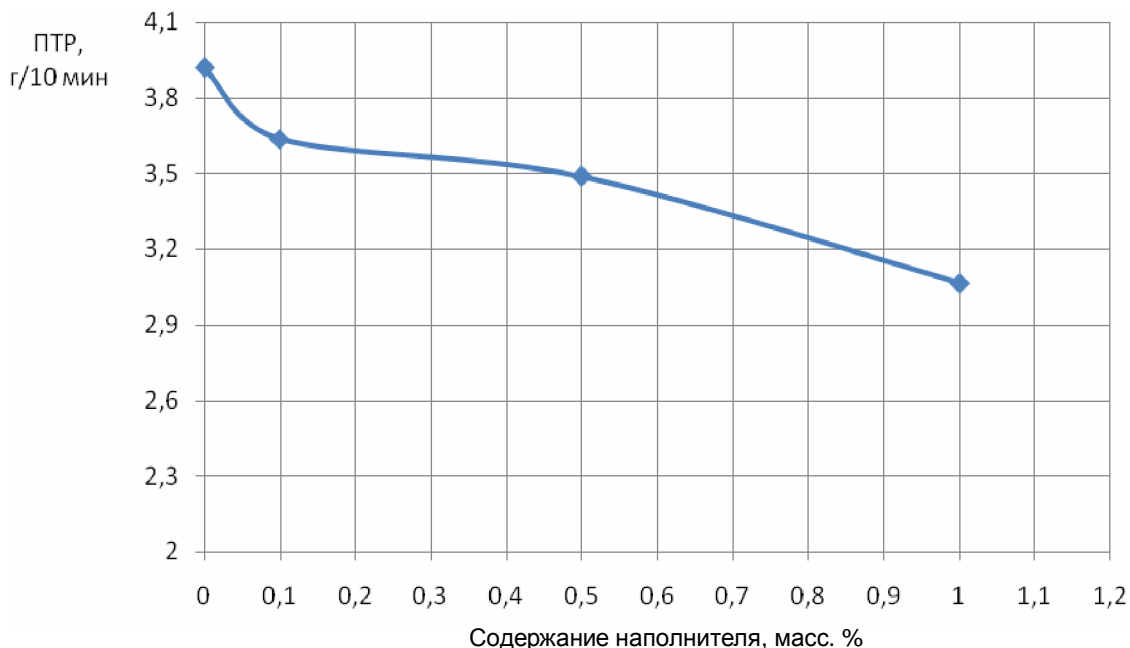


Рисунок 1 – Зависимость ПТР полиамида от содержания наполнителя

Таким образом, определено, что механическая активация приводит к разрушению частиц глины по плоскостям спайности, в результате чего они приобретают особую активность. Взаимодействие такого активного наполнителя с полимерной матрицей происходит более интенсивно, формируются физические силы связи между полимером и наполнителем, что сопровождается повышением вязкости расплава полимерного материала. Данный факт обосновывает предположение, что прочностные характеристики материала, наполненного активированными частицами, будут более высокими.

Список литературы:

1. Авдейчик, С. В. Полимер-силикатные машиностроительные материалы: физико-химия, технология, применение / С. В. Авдейчик [и др.]; под ред. В. А. Струка, В. Я. Щербы. – Минск: Тэхналогія, 2007. – 431 с.
2. Скаскевич, А. А. Структура и технология малонаполненных машиностроительных материалов на основе конструкционных термопластов, модифицированных углеродными нанокластерами: дис. ... канд. техн. наук / А. А. Скаскевич. – Минск, 2000.
3. Охлопкова, А. А. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями / А. А. Охлопкова, А. В. Виноградов, Л. С. Пинчук. – Гомель: ИММС НАНБ, 1999. – 164 с.

This paper discusses the need for multifunctional use of the available fillers of polymeric matrices. Unsubstantiated nature of the activity of dispersed particles of blue clay and the influence of activated filler on the rheological properties of polyamide 6 melt.

Научный руководитель – В. А. Струк, профессор кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий, доктор технических наук, профессор.

УДК 620.178.153.4:620.178.169

П. С. КРУПИЦА

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФТОРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ

Исследованы структура и физико-механические характеристики фторсодержащих композитов на основе алифатических полиамидов. Приведены результаты триботехнических испытаний на износ разработанных составов композиционных материалов полиамидных покрытий, модифицированных наноразмерными частицами фторсодержащих полимер-олигомерных компонентов.

Одним из приоритетных направлений инновационного машиностроения является разработка составов и технологий функциональных композиционных покрытий. Из широкого спектра наполнителей и модификаторов композиционных материалов полимерных покрытий особое значение имеют наноразмерные частицы, введение которых в матрицу в небольших «допинговых» количествах приводит к синергическому эффекту повышения комплекса показателей служебных характеристик композитов [1, 2].

В современном машиностроении широкое применение в качестве материалов для конструкций машин и механизмов триботехнического назначения получили фторсодержащие композиты. Особый интерес представляют композиты, в которых политетрафторэтилен выступает в качестве наноразмерной модифицирующей добавки в виде порошка, состоящего из частиц различной массы, формы и размеров. Таким компонентом может служить ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ), который в сочетании с базовым материалом для покрытий на основе алифатических полиамидов придает композиту заданный комплекс прочностных и триботехнических свойств. Анализ особенностей строения УПТФЭ свидетельствует о наличии в составе частиц компонентов различной массы, формы и размеров, в том числе наноразмерных, чешуйчатой и сферической формы, сформированных полимер-олигомерными фракциями, отличающимися молекулярной массой и строением. Частицы УПТФЭ представляют собой полимер-олигомерный продукт, содержащий фракции макрорадикалов различной массы или олигомерные компоненты, легко деструктурирующие с образованием активных макрорадикалов. Подобное строение УПТФЭ обуславливает многофункциональность его действия при контактировании компонентов материалов в различных технологических и нагрузочно-скоростных условиях при изготовлении материала или эксплуатации трибосистемы. Таким образом, высокодисперсные частицы УПТФЭ являются эффективным модификатором триботехнических материалов на основе полимерных матриц, обеспечивающим повышение эксплуатационного ресурса тяжело нагруженных узлов трения, применяемых в машиностроении [3-6]. Поэтому целью данных исследований являлась разработка составов фторсодержащих композитов и исследование их физико-механических и триботехнических свойств.

Объектом исследований были выбраны покрытия на основе полиамидов марок ПА6 (ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот») и ПА11 (торговая марка Rilsan, Arkema, Франция), применяемые для нанесения полимерных покрытий на втулки шлицевые карданных валов производства ОАО «Белкард». В качестве модификатора композиционных покрытий использовали частицы УПТФЭ (торговая марка «ФОРУМ», Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук).

Составы композиционных материалов, состоящие из разных слоев, формировали по различным технологиям. Первый слой композиционного покрытия осаждали из порошков алифатических полиамидов в псевдоожоженном слое, затем механическим втиранием (ротационная технология) наносили слой УПТФЭ. В качестве подслоя использовали фосфатный состав.

Порошки полимеров применяли или в состоянии поставки (ПА11, полученный по растворной технологии, и УПТФЭ, полученный по технологии термогазодинамического синтеза), или получали криогенным измельчением гранулированного полуфабриката (ПА6), охлажденного до температуры жидкого азота (75 К) на специальной лабораторной дробильной установке роторного типа.

Композиционные покрытия для исследований формировали на подложках из стали 40 при следующих технологических режимах: температура нагрева печи – 350-360°C, время выдержки в печи – 10 мин, время выдержки в порошке – 3-4 с. Толщина сформированных полиамидных покрытий составляла 250-350 мкм, толщина пленок УПТФЭ – 10-30 мкм.

Морфологию поверхностей композиционных фторсодержащих покрытий изучали с помощью атомно-силового микроскопа NT-206. Определение твердости покрытий осуществляли на приборах ИМПУЛЬС 1-Р и ТПЦ-4М. Триботехнические испытания проводили на трибометре ПД-1А по схеме «палец-диск» при следующих нагрузочно-скоростных режимах pV : $p = 2$ МПа, $V = 0,5$ м/с.

Ступенчатая технология нанесения покрытия позволяет формировать нижний полиамидный слой с заданным комплексом показателей служебных характеристик (прочность, адгезия, коррозионная стойкость, демпфирующая способность) и верхний слой – фторсодержащий компонент из нанодисперсных частиц УПТФЭ – позволяющий повысить триботехнические характеристики покрытия.

Характерные АСМ-снимки топографии поверхности разработанных составов фторсодержащих композитов представлены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – АСМ-изображение композиционного покрытия ПА11+УПТФЭ, поле сканирования 10×10 мкм
а – топография поверхности; б – трехмерное изображение поверхности



Рисунок 2 – АСМ-изображение композиционного покрытия ПА6+УПТФЭ, поле сканирования 10×10 мкм
а – топография поверхности; б – трехмерное изображение поверхности

Результаты измерения твердости композиционных покрытий представлены в таблице 1. Твердость измеряли по методу отскока. Важной задачей при формировании многослойного покрытия является правильный выбор материалов, которые войдут в состав композиции. При неудачном выборе материалов происходит разрушение отдельных слоев в покрытии и снижение его механических характеристик. В разработанных составах фторсодержащих композитов наблюдается увеличение твердости за счет образования на поверхности полиамидных слоев тонких поверхностных пленок УПТФЭ.

Таблица 1 – Результаты измерения твердости полимерных покрытий

Материал покрытия	Твердость по Шору*, ед.	Твердость**, ед.
ПА6	96	322
ПА6+УПТФЭ	97	368
ПА11 (Rilsan)	92	300
ПА11+УПТФЭ	95	350

Примечание: * показания прибора ИМПУЛЬС 1-Р

** показания прибора ТПЦ-4М

С целью сравнения антифрикционных свойств разработанных составов проводили триботехнические испытания на износ. Определяли относительный массовый износ образцов с покрытием через 4, 8 и 12 часов работы трибометра. Результаты триботехнических испытаний фторсодержащих композитов представлены в таблицах 2 и 3. Графическое изображение полученных результатов показано на рисунке 3.

Таблица 2 – Результаты триботехнических испытаний на износ

Материал покрытия	Масса образцов, г			
	До испытания	Во время испытаний		
		4 часа	8 часов	12 часов
ПА11 (Rilsan)	0,8368	0,8365	0,8358	0,8351
ПА6	0,7554	0,7543	0,7533	0,7524
ПА6+УПТФЭ	0,8114	0,8112	0,8102	0,8093

Таблица 3 – Относительный массовый износ образцов

Материал покрытия	Массовый износ, %		
	4 часа	8 часов	12 часов
ПА11 (Rilsan)	0,04	0,12	0,20
ПА6	0,15	0,25	0,40
ПА6+УПТФЭ	0,02	0,15	0,26

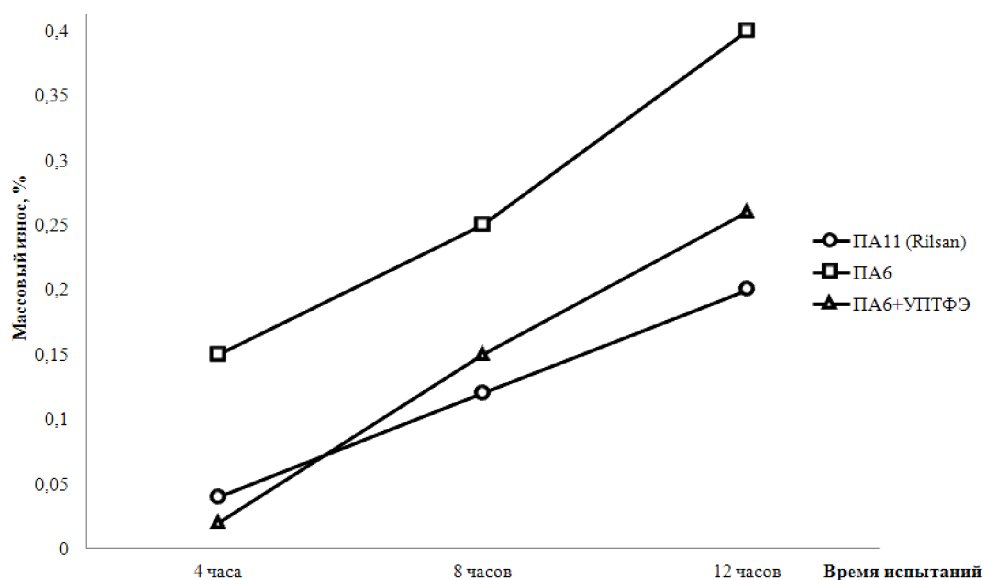


Рисунок 3 – График зависимости массового износа от времени испытаний

Результаты испытаний образцов с полимерным покрытием на относительный массовый износ показали, что создание на поверхности полиамида 6 тонкой плёнки УПТФЭ приводит к значительному увеличению износостойкости композиционного покрытия. Полученный состав фторсодержащего композита на базе ПА6 по триботехническим свойствам аналогичен покрытию из ПА11 (Rilsan).

В результате проведенных работ было установлено, что при формировании слоя УПТФЭ на поверхности ПА6 по ротационной технологии наблюдается значительное увеличение триботехнических характеристик покрытий. Применение полученных составов и технологий композиционных материалов покрытий на базе отечественного полиамида 6 позволит заменить дорогостоящий импортный аналог полиамид 11 при производстве карданных валов.

Список литературы

1. Елисеев, А. А., Лукашин, А. В. Функциональные наноматериалы / Под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
2. Авдейчик, С. В. Нанокomпозиционные машиностроительные материалы: опыт разработки и применения: монография / С. В. Авдейчик [и др.]; под ред. В. А. Струка. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 403 с.
3. Бузник, В. М. Металлополимерные нанокomпозиты (получение свойства, применение) / В. М. Бузник, В. М. Фомин, А. П. Алхимов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
4. Триботехнические композиции на основе олигомер-полимерных фторсодержащих матриц / А. К. Цветников [и др.] // Горная механика. – № 3. – 2008. – С. 76 – 81.
5. Антонов, А. С. Технологии и составы триботехнических функциональных покрытий втулок шлицевых карданного вала / А. С. Антонов // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития», г. Гродно, 19 – 20 мая 2011 г. – С. 183 – 186.
6. Антонов, А. С. Составы и технологии триботехнических фторсодержащих композитов / А. С. Антонов, П. С. Крупица // Материалы II Республиканской научно-технической конференции «Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития», г. Гродно, 17 – 18 мая 2012 г. – Гродно: ГрГУ, 2012. – С. 48 – 51.

Were researched the structure and physical-mechanical properties of fluorine-containing composites based on aliphatic polyamides. This article shows results of the tribological wear testing of polyamide coatings, modified nanophase particles of fluorine-containing polymer-oligomer components.

Научный руководитель – А. С. Антонов, преподаватель кафедры логистики и методов управления.

УДК 678.8

В. Н. ЛОХМАН

ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И ПОКРЫТИЙ

Целью работы является разработка новых полимерных композиционных материалов с оптимальными служебными характеристиками и изучение влияния ротапирнтных покрытий из ультрадисперсного политетрафторэтилена в узлах трибосистем. В процессе изучения полученных данных трибоиспытаний установили, что устойчивая разделительная пленка с низким сопротивлением сдвигу и высокой адгезионной активностью формируется в случае нанесения ротапирнтных покрытий на оба тела, участвующих в процессе трения.

Современное машиностроение все в большей степени использует композиционные материалы на основе полимерных матриц для изготовления деталей узлов трения и элементов конструкций, обеспечивающих заданный эксплуатационный ресурс, безопасность и повышенные эргономические требования. В широкой номенклатуре машиностроительных композитов особое место занимают материалы, в состав которых введены модификаторы с размером частиц не более 100 нм, которые по устоявшейся терминологии относят к наноконпозиционным. Несмотря на высокую эффективность применения наноконпозиционных материалов в машиностроении, обусловленную повышением комплекса показателей деформационно-прочностных, триботехнических, адгезионных, защитных и других служебных характеристик, существует ряд проблем, в значительной мере обусловленных недостаточной разработкой теоретических основ полимерного наноматериаловедения, которые включают физико-химические, структурные, технологические, триботехнические, технико-экономические и другие аспекты, и требуют системного анализа особенностей механизма формирования и переработки функциональных наноконпозиционных различного состава и строения, а также применения изделий из них в различных областях. Важнейшее место в проблеме разработки теории наноконпозиционных материалов на основе полимерных матриц занимают исследования механизмов формирования и взаимодействия низкоразмерных частиц различного состава, строения и технологии получения с полимерными, олигомерными и совмещенными матрицами.

Одним из решений данной проблемы является также замена традиционных полимерных композитов на наноматериалы, содержащие в своем составе наноконпоненты с различными механизмами действия на полимерную матрицу, обуславливающие приспособляемость материалов к внешним воздействиям и обеспечивающие оптимальные служебные характеристики.

Актуальной проблемой современной промышленности является борьба с износом машин и механизмов. Этим обусловлена необходимость проведения интенсивных исследований и поиска новых компонентов смазывающих материалов, которые улучшают их эксплуатационные характеристики.

Особый интерес имеют покрытия, сформированные с использованием фторсодержащих низкомолекулярных, олигомерных и полимерных компонентов, обладающие специфической структурой и способностью снижать силу трения и уменьшать интенсивность процессов коррозионно-механического изнашивания [1].

Необходимо продолжить работы по усовершенствованию существующих и разработке новых методов нанесения антифрикционных покрытий, содержащих твердые смазки.

Исходя из этого, целью дипломной работы является разработка новых полимерных композиционных материалов с оптимальными служебными характеристиками и изучение влияния ротапирнтных покрытий из ультрадисперсного политетрафторэтилена в узлах трибосистем.

Исходя из этого, целью данной работы является разработка новых полимерных композиционных материалов с оптимальными служебными характеристиками и изучение влияния ротапирнтных покрытий из ультрадисперсного политетрафторэтилена в узлах трибосистем.

Ультрадисперсный политетрафторэтилен «Форум» – порошок белого цвета, получаемый при быстром нагреве блочного ПТФЭ (фторопласта-4) в потоке инертного газа (аргон) и быстром охлаждении, состоящий из наногранул сферической формы с размером частиц от 150 до 500 нм.

Для оценки влияния тонкослойного ротапирнтного покрытия из УПТФЭ «Форум» в качестве объектов исследования были выбраны пары трения:

- сталь 45 (вал) – Алюминий (пленка)
- сталь 45 (вал) – Медь (пленка)
- сталь 45 (вал) – Сталь 08кп (пленка).

Триботехнические испытания объектов исследования проводили по схеме «вал-пленка». Исследование микроструктуры поверхностей трения проводили с использованием микроскопа ММВ220.

Применение поверхностно активных веществ (ПАВ), к которым относятся продукты термогазодинамического синтеза, являются одним из основных направлений снижения износа деталей узлов трения и получают все большее распространение в технике.

Для проведения исследований использовали продукты ТГД-синтеза политетрафторэтилена, известным под торговым названием «Форум» [2]. Ротапирнтные покрытия материала «Форум» наносили на металлические подложки из алюминия, меди, железа (сталь 45, сталь 08кп), которые предварительно обрабатывались алмазными пастами и полировались до шероховатости $Ra \approx 0,008$ мкм.

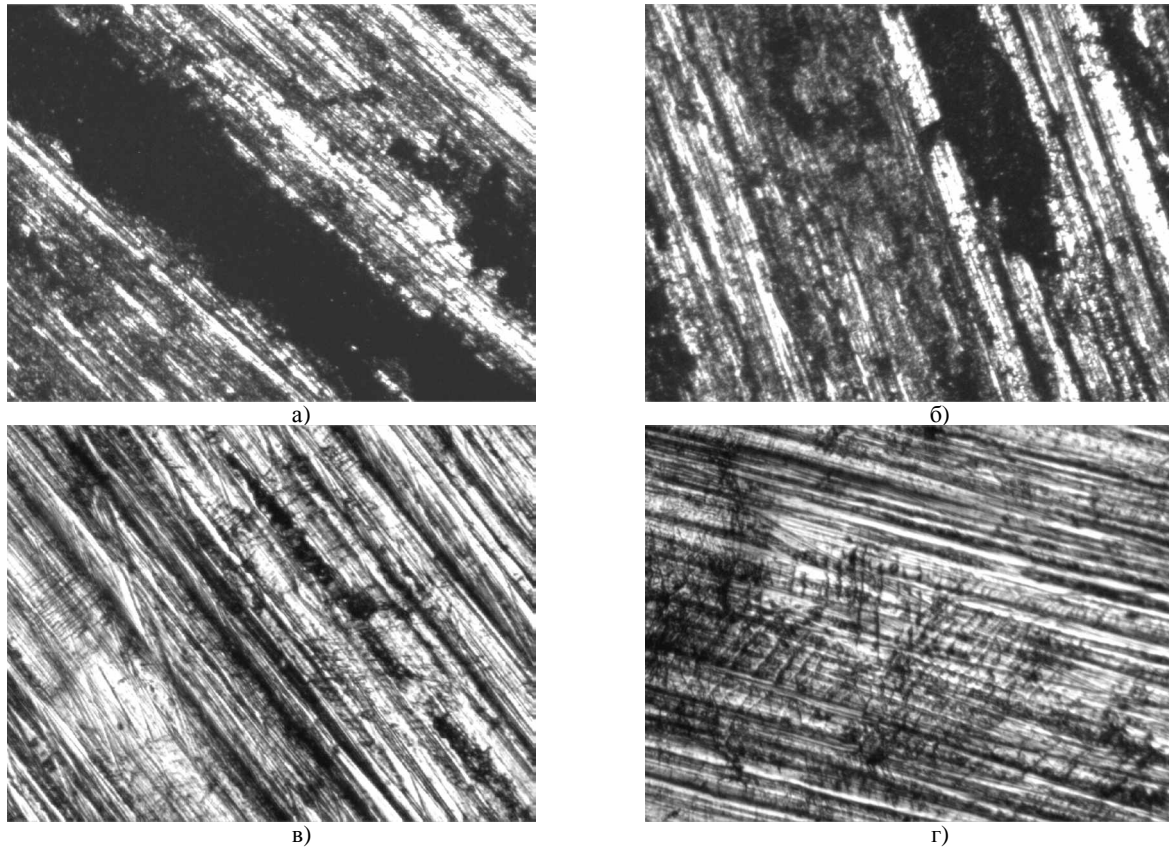
Образование устойчивой разделительной пленки с высокими адгезионными характеристиками к субстрату, низким напряжением сдвига между слоями УПТФЭ, низкой поверхностной энергией граничных слоев фторсодержащих покрытий, все это должно сказываться на триботехнических характеристиках исследуемых образцов. Согласно полученных данных, представленных в таблице 1, происходит существен-

ное снижение интенсивности изнашивания исследуемых пар трения, при чем изменение интенсивности изнашивания металлических пар трения существенно зависит от технологии модифицирования металлических поверхностей

Таблица 1 – Интенсивность изнашивания пары трения Fe (вал) – Al (пленка) в зависимости от технологии формирования ротапчинтного фторсодержащего покрытия

№	Образцы	Интенсивность изнашивания, $I \cdot 10^{-11}$	
		Fe (вал)	Al (пленка)
1	Fe (вал) – Al (пленка)	4,296	30,45
2	Fe – Al+УПТФЭ	2,41	23,95
3	Fe+УПТФЭ – Al	1,67	13,783
4	Fe+УПТФЭ – Al+УПТФЭ	0,086	9,12

Установлено, что структура разделительного слоя после трибоиспытаний фактически не отличается от структуры исходного УПТФЭ (рис. 1). Данная технология модифицирования существенно сказывается на морфологии поверхностей трения сопряженных тел. На рис. 1 представлены фотографии поверхностей трения с покрытием УПТФЭ на Al (пленка) после трибоиспытаний.



а) исходная пара трения Fe (вал) – Al (пленка); б) пара трения Fe – Al+УПТФЭ; в) пара трения Fe+УПТФЭ – Al; г) пара трения Fe+УПТФЭ – Al+УПТФЭ

Рисунок 1 – Морфология поверхности Al (пленка) пары трения Fe (вал) – Al (пленка) после трибоиспытаний

Исходя из полученных снимков морфологии поверхности Al, видно, что при модифицировании тел пары трения Fe – Al уменьшается количество полос микрорезания, препятствующее образованию «третьего тела», которое в данном случае приводит к увеличению коэффициента трения и интенсивности изнашивания.

В случае модифицирования УПТФЭ вала и пленки образуется устойчивая разделительная пленка, которая фактически препятствует прямому контактированию Al и Fe. Это подтверждается минимальным количеством полос трения, наблюдается наличие самой пленки, которая эквидистантно закрывает исходный рельеф подложки.

Данный характер изнашивания при предлагаемых методах модифицирования характерны и для других пар трения: Fe – Cu; Fe – Fe; (табл. 2-3).

Таблица 2 – Интенсивность изнашивания пары трения Fe (вал – сталь 45) – Fe (пленка – сталь 08кп) в зависимости от технологии формирования ротапиритного фторсодержащего покрытия

№	Образцы	Интенсивность изнашивания, $I \cdot 10^{-11}$	
		Fe (вал)	Fe (пленка)
1	Fe (вал – сталь 45) – Fe (пленка – сталь 08кп);	4,934	13,808
2	Fe – Fe +УПТФЭ	4,344	11,972
3	Fe+УПТФЭ – Fe	3,494	9,49
4	Fe+УПТФЭ – Fe +УПТФЭ	2,064	5,62

Таблица 3 – Интенсивность изнашивания пары трения Fe (вал) – Cu (пленка) в зависимости от технологии формирования ротапиритного фторсодержащего покрытия

№	Образцы	Интенсивность изнашивания, $I \cdot 10^{-11}$	
		Fe (вал)	Fe (пленка)
1	Fe (вал) – Cu (пленка)	4,04	27,54
2	Fe – Cu +УПТФЭ	1,726	22,376
3	Fe+УПТФЭ – Cu	0,73	7,868
4	Fe+УПТФЭ – Cu +УПТФЭ	0,665	7,258

Несмотря на все свои преимущества, композиционные материалы на базе политетрафторэтилена имеют достаточно высокую цену. Поэтому в случае, когда необходимо получить высокие антифрикционные характеристики в сочетании с высокими прочностными характеристиками возможно применение ротапиритных покрытий на базе политетрафторэтилена на металлической матрице. Ротапиритные покрытия, которые наносили на металлические подложки из алюминия, меди, железа (сталь 45, сталь 08кп), существенно снизили интенсивность изнашивания образцов. Согласно полученным данным трибоиспытаний установили, что устойчивая разделительная пленка с низким сопротивлением сдвигу и высокой адгезионной активностью формируется в случае нанесения ротапиритных покрытий на оба тела, участвующих в процессе трения.

Список литературы

1. Технология формирования триботехнических покрытий на деталях трения металлополимерных систем / Е. В. Овчинников [и др.] // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития»: материалы Республиканской науч.-техн. конф., Гродно, 19 – 20 мая 2011 г.; гл. ред. В. А. Струк – С. 297 – 307.
2. Бузник, В. М. Фторполимерные материалы: применение в нефтегазовом комплексе / В. М. Бузник. – М.: Изд-во «НЕФТЬ и ГАЗ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 31 с.

The aim is to develop new polymer composite materials with optimal office performance and study of the effect of the coating rotaprint ultrafine polytetrafluoroethylene tribosystems in knots. According to data obtained tribotests found that sustained release film with low resistance and high shear adhesion activity generated in the case of applying rotaprint coatings to both bodies involved in the process of friction.

Научный руководитель – Е. В. Овчинников, доцент кафедры логистики и методов управления, кандидат технических наук, доцент.

УДК 294.36

А. С. МАКАРСКИЙ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ГОРЯЧЕКАНАЛЬНЫХ ЛИТЬЕВЫХ ПРЕСС-ФОРМ

Использование компьютерных программ при конструировании литьевой оснастки, а так же моделирование физических процессов и анализ полученных данных. Оценка возможности изготовления полимерных изделий с использованием холодноканальной и горячеканальных литниковых систем.

Большинство из производимых сегодня пластмассовых изделий получают методом литья под давлением. В процессе придания формы изделию, используется специальная оснастка – литьевая пресс-форма. Существуют два основных типа конструкций пресс-форм: холодноканальные с отвердевающими литниками и горячеканальные без литников. Вторые являются более сложными по конструкции и имеют более высокую стоимость [1].

Цель работы: применяя средства компьютерного конструирования и анализа, разработать конструкцию горячеканальной литьевой пресс-формы.

При конструировании литьевых пресс-форм используют компьютерные системы автоматизированного проектирования – САПР [2]. Современные САПР включают в себя системы автоматизированного конструирования, анализа и подготовки производства. Особый интерес при проектировании литьевой оснастки составляют средства моделирования и анализа процессов литья пластмасс. В таком ПО применяются законы механики и термодинамики: сохранения массы, количества движения и энергии. К этим законам добавляются уравнения, описывающие свойства полимерного материала, условия процесса и др. [5].

Существует несколько подходов анализа литья пластмасс (1D, 2D и 3D), использующих различные типы моделей процесса. В этих подходах применяются различные типы моделей отливки и различные способы их диагностики и корректировки, алгоритмы расчетов, способы вывода результатов.[4] В 1D-подходе применяется модель одномерного течения расплава. Этот подход позволяет определить потери давления на стадии заполнения пресс-формы и решить некоторые задачи оптимизации: оптимизация скорости впрыска, балансировка потоков и др. В 2D-подходе течение расплава полимера рассматривается как двумерное. По историческим причинам 2D-подход часто называют 2.5D-анализом. В этом подходе расчеты выполняются на модели «средней линии» литьевой полости или на модели поверхности изделия. При этом течение потока полимера в литниковых каналах моделируется как одномерное. В 3D-подходе появляется возможность учитывать явления, к которым 2D-подход нечувствителен. Это могут быть явления связанные с нестационарностью процесса течения полимера, явления образования линий спая и воздушных ловушек в толстостенных изделиях, а также явления, связанные с заполнением углов изделия и влиянием более интенсивного охлаждения в углах изделия.

Для анализа проливаемости полимерных изделий в своих работах мы использовали Autodesk Moldflow Adviser 2012 (далее MF). Выбор именно этого программного продукта связан, в первую очередь, с его доступностью для студентов. Moldflow Adviser 2012 позволяет выполнить моделирование стадий заполнения, уплотнения и охлаждения отливки в форме, рассчитать коробление и решить многие другие задачи.

При конструировании горячеканальной пресс-формы можно выделить следующие этапы.

1. Разработка трёхмерной модели будущего полимерного изделия по чертежу.
Разработанная нами модель изделия выполнена в САПР SolidWorks 2011.
2. Анализ проливания. На данном этапе трёхмерная модель изделия проходит обработку в программе анализа литья (Autodesk Moldflow Adviser 2012).

Первым этапом анализа проливания будет определить наилучшие точки для расположения впуска полимерного материала. Для изделия модульная решётка мы использовали алгоритм поиска четырёх точек впуска (рисунок 1). На рисунке 3 представлен принятый нами вариант расположения точек впуска и проведённый над моделью анализ заполнения.

В результате проведения над моделью анализа балансировки литников, мы получили информацию о наиболее предпочтительных диаметрах литниковых каналов в горячеканальной системе, и сведения по переработке. Так, требуемое давление впрыска составляет 142 МПа, а усилие смыкания 95,4 тонны. Данная информация нужна для подбора соответствующего литьевого оборудования.

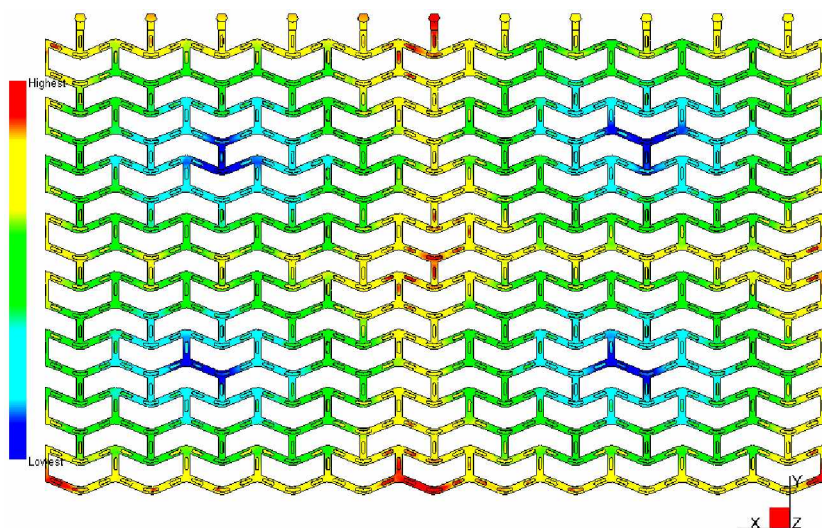


Рисунок 1 – Диаграмма анализа «Gate Locations» для четырёх точек впуска

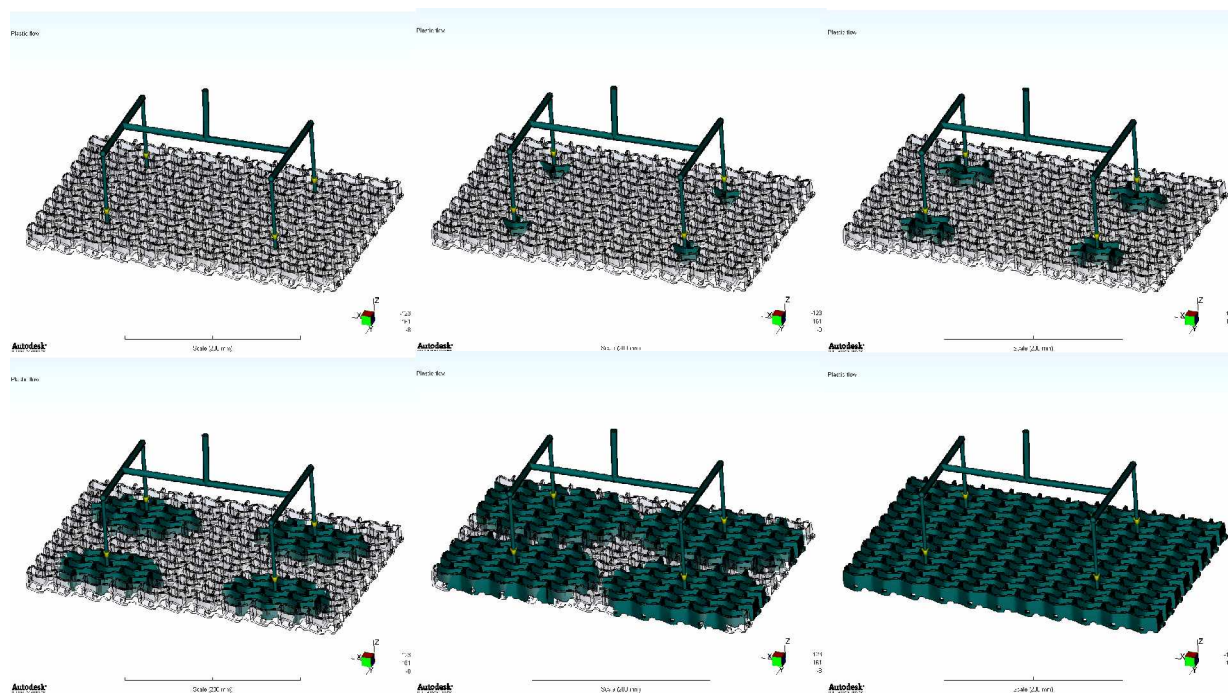


Рисунок 2 – Анализ заполнения 3D-модели

3. Конструирование литейной пресс-формы на основании 3D-модели изделия и данных, полученных на втором этапе.

Пресс-формы состоят из пакета плит, направляющих, толкающих и других элементов. При конструировании строятся системы охлаждения и выталкивания отливок. Неотъемлемой частью горячеканальной пресс-формы является горячеканальная система, состоящая из обогреваемой литниковой втулки, коллектора и дюз. Принцип действия горячеканальной системы заключается в следующем: полимерный расплав поступает из сопла литейной машины в литниковую втулку пресс-формы, через которую продавливается в распределительный коллектор, далее в коллекторе расплав разделяется на потоки, и перемещается в обогреваемые дюза (сопла), проходя через которые попадает в формующую полость пресс-формы.

Результатом конструирования является представленная на рисунке 3 сконструированная нами горячеканальная литейная пресс-форма; на рисунке 4 представлена разработанная нами горячеканальная система, состоящая из обогреваемой литниковой втулки, коллектора и четырёх дюз. Электрические провода от датчиков температуры и обогревателей подключены в отдельный блок.

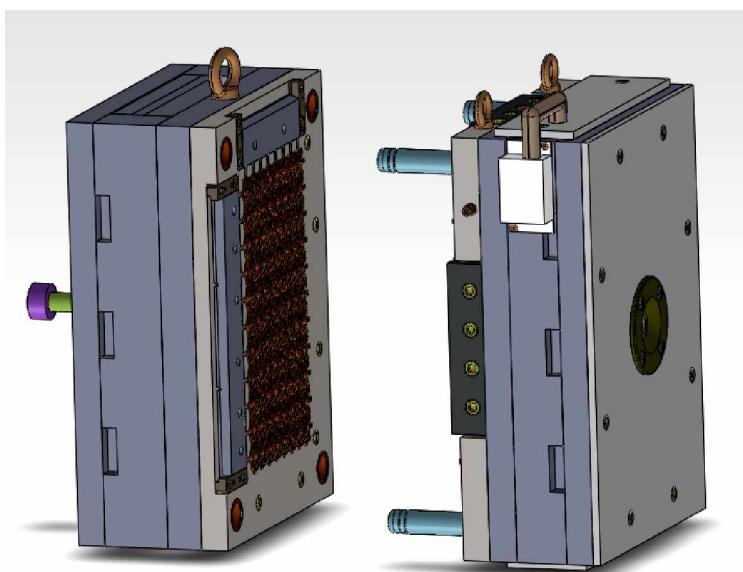
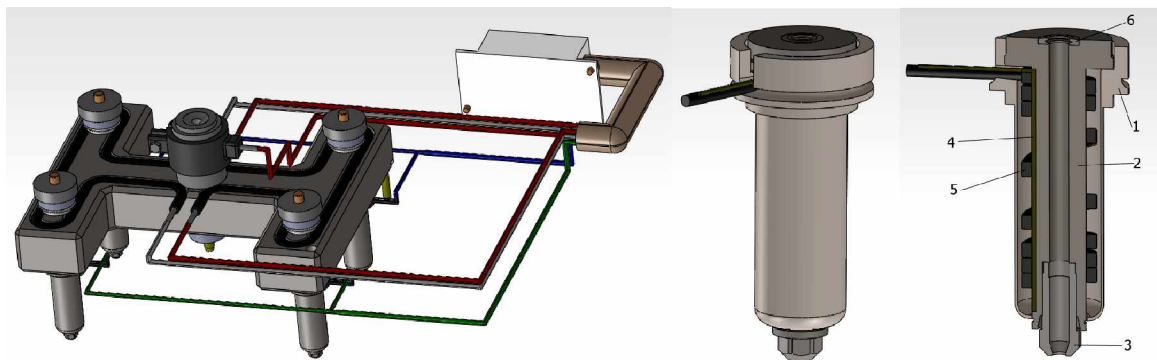


Рисунок 3 – Горячеканальная литейная пресс-форма. Общий вид в разведённом состоянии



1 – корпус; 2 – сердечник; 3 – наконечник; 4 – термопара; 5 – спиральный нагреватель; 6 – уплотнитель

Рисунок 4 – Горячеканальная система. Общий вид (слева). Горячеканальное сопло (справа)

В данной работе была рассмотрена методика компьютерного анализа полимерного изделия на проливаемость в горячеканальной системе литьевой пресс-формы. Используемая в работе система анализа – Autodesk MoldFlow Adviser 2012. Результатом работы является разработанная в САПР SolidWorks 2011 конструкция горячеканальной литьевой пресс-формы и конструкция горячеканальной системы для производства изделия «модульное грязулавливающее покрытие».

Список литературы

1. Унгер, П. Технология горячеканального литья / П. Унгер; под ред. В. Г. Дувидзона. – СПб.: Профессия, 2009. – 208 с.
2. САПР // Независимый информационный портал CADобзор [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://cadobzor.ru/САПР>. – Дата доступа: 10.11.2011.
3. Глобальные изменения рынка программных продуктов для компьютерного анализа процесса литья под давлением / И. А. Барвинский, И. Е. Барвинская // Литье пластмасс [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www.barvinsky.ru/articles/art_041_global_market_of_cae_2010.htm. – Дата доступа: 21.10.2011.
4. Проблемы горячеканального литья под давлением деталей из термопластов / И. А. Барвинский, И. Е. Барвинская // Литьё пластмасс [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www.barvinsky.ru/articles/art_044_temperature_in_hot_runners_mold.htm. – Дата доступа: 25.10.2011.
5. MoldFlow – Возможности и демонстрация проектов деталей из пластмассы // Autodesk [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=14659045>. – Дата доступа: 25.09.2011.

This work shows how to use the computer software for the design of the mold. Conducted the computer analysis of molding polymer products with cold and hot runner gating systems.

Научный руководитель – С. Г. Минаев, преподаватель кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий, магистр технических наук.

УДК 678.01:621.7:627.217

Ю. С. НАВРОЦКАЯ, Ж. А. ЛЯШЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА НА ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДОВ

Отражены результаты объёмного модифицирования порошкообразных составов на основе полиамида 6 и полиамида 11 дисперсными синтетическими фторсодержащими компонентами. Дана оценка параметрам функциональных характеристик формируемых покрытий, осаждаемых из разработанных композиционных составов методом флюодизации. Проводится анализ влияния энергетического состояния наполнителей на технологические аспекты формирования составов.

Создание функциональных композиционных материалов является одним из приоритетных направлений развития инновационного материаловедения. Учитывая широкий спектр функциональных композиционных материалов, потребляемых современным машиностроением, а также перспективы совершенствования машин, механизмов и технологического оборудования, основанные на энерго- и ресурсосберегающих подходах, все большую актуальность приобретает проблема создания материалов с комплексом служебных характеристик, адекватно отвечающих изменяющимся условиям эксплуатации. Одним из наиболее эффективных направлений современного материаловедения является создание композиционных материалов нового поколения на различных матрицах путем управления структурой на нано- и микроуровнях с помощью различных технологических воздействий [1].

Особое место среди нанокomпозиционных (наноструктурных) материалов занимают материалы на основе полимерных матриц, содержащие функциональные нанообъекты. Наноструктурированные синтетические материалы обладают перечнем параметров, несвойственных традиционным природным материалам. Уменьшение размера частиц функциональных наполнителей может приводить к существенному изменению служебных характеристик композиционных материалов. Установлено, что эти изменения проявляются, когда средний размер частиц не превышает 100 нм, а наиболее эффективны при размере частиц менее 10 нм [1 – 5]. При этом частицы могут иметь сферическую (равноразмерную) форму, быть вытянутыми в виде нанопроволоки или нановолокна или представлять собой наночешуйки (пластинки). Наноструктурированные объекты отличают увеличенный эксплуатационный ресурс по различным функциональным признакам. Так, известны материалы, обладающие повышенными параметрами абразивостойкости, износостойкости, коррозионной стойкости, материалы, снижающие коэффициент трения до значения 0,01 – 0,05, уменьшающие износ пар трения в десятки раз за счёт присутствия в традиционных материалах.

Одним из ключевых параметров, как при формировании, так и при последующей эксплуатации функциональных покрытий выступает их характерный внешний вид, поэтому целью данной работы является изучение влияния модифицирующих компонентов ультрадисперсного политетрафторэтилена на особенности морфологического строения полимерных композиционных покрытий на основе полиамидов, применяемых в качестве антифрикционных, антикоррозионных и декоративных материалов.

В качестве полимерных матриц использовали составы на основе дисперсных порошков промышленно выпускаемых отечественных и импортных термопластов – ПА 6 (210/310 низковязкий) и ПА 11 (“Rilsan”) соответственно. Фракции порошков в обоих случаях составляли 80 – 200 мкм. и были получены методом виброситового анализа. В качестве модификатора использовали продукт термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза) политетрафторэтилена – ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ).

Сформированные покрытия на основе разработанных композиций исследовали методом атомно-силовой микроскопии на комплексе Нанотоп NT-206. Геометрические характеристики покрытий исследовались как методом атомно-силовой микроскопии (опциональной функцией), так и с помощью профилометра модели 252. Энергетические характеристики компонентов исследовали с применением метода электретно-термического анализа (ОДО «Микротестмашины», г. Гомель).

В последнее время широкое применение получил как в качестве наполнителя, так и в качестве промышленно используемого материала, ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ) [2-4]. Для УПТФЭ характерно наличие собственного зарядового состояния, которое может повлиять на служебные параметры составов, содержащих УПТФЭ даже в небольших (допинговых) концентрациях. Анализ спектров ТСТ (рисунок 1) свидетельствует о том, что частицы УПТФЭ, в отличие от ПТФЭ обладают нескомпенсированным зарядом, который обуславливает их высокую модифицирующую активность.

Такие частицы являются эффективным компонентом композиционных материалов на основе полиамидов, улучшающим их служебные характеристики. Композиционные материалы, в составе которых содержатся даже сотые доли процента УПТФЭ, обладают существенно отличающимися прочностными и триботехническими характеристиками.

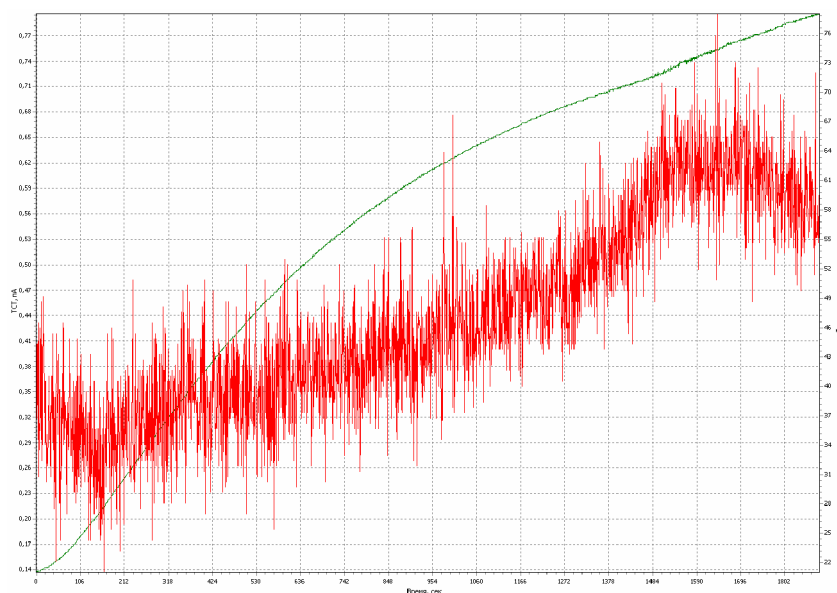


Рисунок 1 – ТСТ – спектр УПТФЭ [1]

Модифицирование порошкообразного состава полиамида 6 и полиамида 11 осуществляли методом объёмного модифицирования (до 1,5 мас. %) матричного полимера за счёт вихревого перемешивания.

Дана оценка геометрическим характеристикам покрытий, в частности, шероховатости поверхности при наличии модифицирующего компонента и для исходных композиций. Результаты исследования параметров шероховатости представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние дисперсного модификатора УПТФЭ в составе композиционного материала на основе полиамидов на параметры шероховатости сформированных покрытий

Состав	Параметр шероховатости Ra, мкм. (метод АСМ)
ПА 6 без наполнителя	76,8
ПА 6 + 0,5 масс. % УПТФЭ	68,9
ПА 6 + 1 масс. % УПТФЭ	45,6
ПА 11 безнаполнителя	55,6
ПА 11 + 0,5 масс. % УПТФЭ	40,3
ПА 11 + 1 масс. % УПТФЭ	25,5

Характерный вид покрытий и визуализированное изображение рельефа сформированных покрытий на основе ПА6 и ПА11 представлены на рисунках 2 и 3.

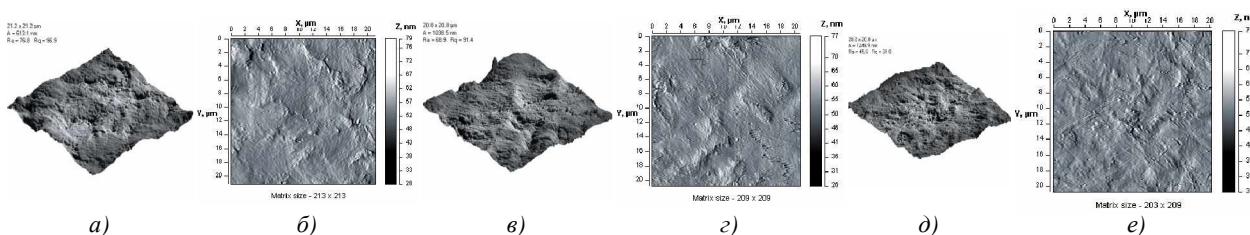


Рисунок 2 – Характерный вид покрытий на основе порошкообразного состава ПА 6 (а, б) и объёмно модифицированных 0,5 мас. % (в, г) и 1 мас. % (д, е) УПТФЭ композиций. Изображение АСМ

Благодаря распределению частиц УПТФЭ в объёме полиамидного порошка при формировании покрытий на деталях триботехнического назначения в покрытиях появляются наноструктурированные области, которые имеют коэффициент трения в 1,5-2 раза более низкий, чем для покрытий ПА 6 без модификатора УПТФЭ.

При модифицировании ПА 6 ультрадисперсными частицами УПТФЭ (дисперсностью <50 мкм) в объёме до 1 мас. % наблюдается сглаживание рельефа поверхности и снижение параметра шероховатости в 1,5-2 раза, с Ra = 96,9-76,8 нм до 45,6-52,6 нм (рисунок 2 а, в, д).

При модифицировании ПА11 ультрадисперсным порошком ПТФЭ (дисперсность <50 мкм.) в объёме 0,5 % наблюдается уменьшение параметра шероховатости рельефа поверхности до показателя Ra=40,3 нм, т.е. примерно на 20 % (рисунок 3).

Дальнейшее увеличение концентрации УПТФЭ до 1 масс. % по массе в объёме ПА11 приводит к сглаживанию рельефа поверхности в ещё большей степени и параметр шероховатости составляет Ra=25,5нм и в сравнении с исходным составом ПА11 без модификации параметр шероховатости уменьшился в два раза.

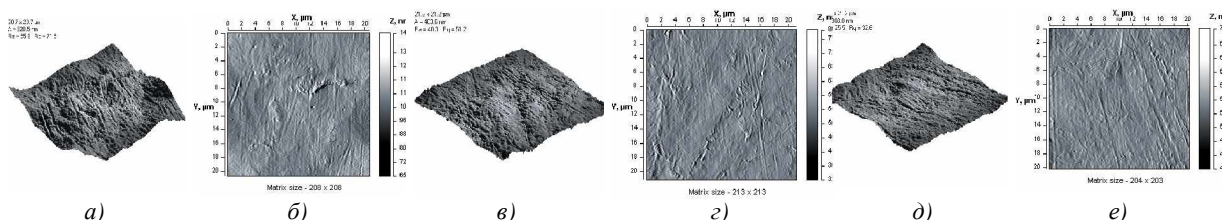


Рисунок 3 – Характерный вид покрытий на основе порошкообразного состава ПА 11 (а, б) и объёмно модифицированных 0,5 мас. % (в, г) и 1 мас. % (д, е) УПТФЭ композиций. Изображение АСМ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при формировании композиционного покрытия на основе ПА 6 функциональный модификатор УПТФЭ может выступать как компонент, улучшающий реологические параметры расплава при формировании. Улучшенные показатели растекаемости расплавов композиционных материалов можно объяснить влиянием низкого коэффициента трения модифицирующего компонента - УПТФЭ.

Таким образом, можно утверждать, что при объёмном модифицировании порошкообразных составов на основе ПА 6 ультрадисперсными частицами политерафторэтилена в количестве до 1 мас. % уменьшается параметр шероховатости для покрытий на основе ПА 6 в 1,5 – 2 раза, а для ПА 11 – 2 раза (таблица 1).

Кроме того, в ходе работы был дан анализ влияния энергетического состояния частиц УПТФЭ на характер формирования композиционных покрытий, которые в свою очередь позволяют расширить спектр их применения в машиностроении.

Разработаны композиции и технология формирования триботехнических полимерных покрытий для автоагрегатов на основе алифатических полиамидов, модифицированных наноразмерными полимер-олигомерными частицами. Разработанные составы композиционных материалов на основе ПА-6 могут применяться в качестве триботехнических композиций вместо французского полимерного материала ПА-11 (под торговой маркой «Rilsan») для изготовления антифрикционных покрытий, наносимых на шлицевые втулки карданных валов наземного транспорта.

Список литературы

1. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко [и др.]; под ред. В.А. Струка. – Минск: Техналогия, 2006. – 523 с.

2. Металлополимерные нанокompозиты (получение, свойства, применение) / В. М. Бузник, В. М. Фомин, А. П. Алхимов [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
3. Композиционные материалы для антифрикционных покрытий шлицевых соединений карданных передач / В. И. Кравченко [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 2000. – Т. 6, № 1. – С. 31–39.
4. Нанокompозиционные машиностроительные материалы: опыт разработки и применения / В. А. Струк [и др.]; ГрГУ им. Я. Купалы; под ред. В. А. Струка. – Гродно, 2006. – 403 с.
5. Охлопкова, А. А. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями / А. А. Охлопкова, А. В. Виноградов, Л. С. Пинчук. – Гомель: ИММС НАНБ, 1999. – 164 с.
6. Композиционные материалы на основе совмещенных матриц для защитных покрытий / Л. В. Ахмадиева [и др.]; под науч. ред. В. А. Струка. – Гродно: ГАУ, 2009. – 532 с.

This paper presents the results of modifying the volume of powder compositions based on polyamide 6 and polyamide 11 dispersed synthetic fluorine-containing components. The estimation of the parameters of the functional characteristics of the formed coatings deposited from composite formulations developed by flyuodization. An analysis of the impact of the energy state of the fillers on the technological aspects of the formation of compounds.

Научный руководитель – А. С. Воронцов, старший преподаватель кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий.

УДК 66.03:66.011:66.017

Н. Н. ПАПРОЦКАЯ

РЕАЛИЗАЦИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проведен ряд конструкторских и материаловедческих решений при оптимизации деталей узла нитераскладочного механизма перемоточной машины, используемой при производстве полиамидных нитей. Эффективность полученных решений подтверждена результатами стендовых и производственных испытаний, а также виртуальных испытаний с применением CALS-технологий.

Возрастающая потребность народного хозяйства в изделиях химической промышленности определяет рост их производства. Появление новых высокопрочных полиамидных волокон и нитей, а также первичного полиамида 6 (ПА6) и композиционных материалов на его основе расширяет область применения этих материалов в машиностроении и других отраслях народного хозяйства.

Производство химических волокон и нитей является одной из важнейших сфер мировой экономики, интенсивно развивающихся на базе достижений науки и техники. Химические волокна и нити необходимы для выпуска различных текстильных материалов, одежды, технических изделий и по важности находятся на втором месте после продуктов питания. Этим и объясняется заинтересованность общества в развитии их производства. Дальнейшее развитие техники, транспорта, строительства немыслимо без волокнистых материалов на основе химических волокон: текстиля, полимерных композитов, бумаги, резинотехнических изделий и др. Ассортимент выпускаемых химических волокон обширен и зависит от сферы их применения, способов переработки. Это резаные (штапельные) волокна, жгуты, текстильные и технические нити, пленочные и фибриллированные нити, монопилы и т. д. В целях расширения потребительских свойств, получения новых функциональных характеристик в производстве химических волокон и нитей широко применяются методы физической, химической, композитных модификаций. Кроме основных видов волокнистых материалов существует большое количество их разновидностей, отличающихся составом, расположением волокон и нитей, а также комбинированные, дублированные и другие [1].

Современное развитие химической промышленности идет по пути интенсификации производств, разработки и внедрения новых высокоэкономичных производственных процессов, схем и видов сырья, увеличения единичных мощностей оборудования и производств, создания высокопроизводительного оборудования и на его базе крупных агрегатов. Современные предприятия промышленности представляют собой сложные производства, объединенные для комплексного использования сырья и выпуска различных видов продукции. Во главу успеха развития производств химических волокон следует поставить условие непрерывного обновления технологических процессов и их аппаратурного оформления на основе новейших разработок машиностроителей и технологических «ноу-хау» [1, 2].

Ведущим предприятием, занимающимся производством полиамидных волокон и нитей в Республике Беларусь, является ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот». Удобное географическое размещение предприятия способствует развитию торговых отношений с европейскими странами, его продукция в течение многих лет успешно поставляется во многие страны Западной и Восточной Европы. Качество выпускаемой продукции соответствует мировому уровню [3]. Для получения качественной и конкурентоспособной продукции предприятие использует оборудование, отвечающее всем требованиям современного химического производства. С целью обеспечения бесперебойной работы оборудования требует-

ся увеличение срока службы и надежности отдельных деталей и узлов, подвергающиеся наиболее интенсивному износу [4, 5].

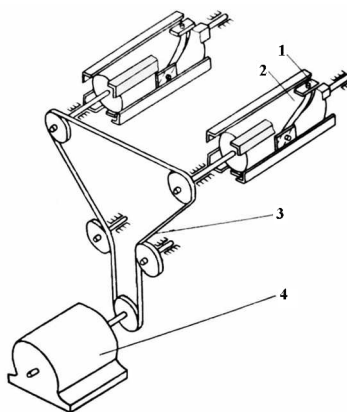
В настоящей работе рассмотрены особенности применения системного подхода при оптимизации деталей оборудования химического производства с компьютерным сопровождением на базе CALS-технологий.

В качестве объекта оптимизации использовали детали узла нитераскладочного механизма перемоточной машины DS-10 немецкой фирмы Dietze & Schell Maschinenfabrik GmbH & Co. KG. Основные детали данного механизма выполнены из стали 40 и полиамида 6 (торговая марка – капролон). При оптимизации деталей нитераскладочного механизма применяли системный подход, учитывающий комплексное сочетание конструкторско-технологических и материаловедческих решений с экономическими особенностями развития рынка химического оборудования.

Стендовые испытания проводили на специальном стенде для ускоренных испытаний (рис. 1). Продолжительность стендовых испытаний составляла 65-375 ч, что соответствовало 260-1500 ч изнашивания кулачка в обычных условиях. Износ кулачка определялся методами микрометража и негативных оттисков, износ ролика – микрометрированием.

Производственные испытания проводили на базе ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» при следующих режимах: скорость мотки – 1200 м/мин, частота вращения веретён – 2500 об/мин, время работы оборудования – 24 ч/сутки.

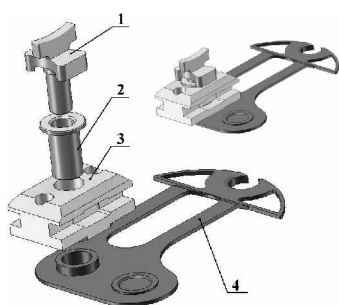
Анализ напряжённо-деформированного состояния методом конечных элементов и подготовку технической документации осуществляли с помощью программных продуктов двухмерного и трехмерного проектирования AutoCAD 2012, SolidWorks 2012 и конечно-элементного пакета COSMOSWorks, интегрированного в CAD-систему SolidWorks [6].



1 – ползушка, 2 – кулачок, 3 – клиноременная передача, 4 – электродвигатель

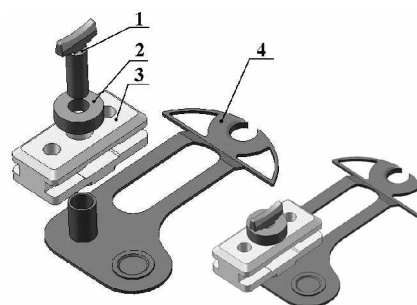
Рисунок 1 – Кинематическая схема стенда для ускоренных испытаний

С целью повышения износостойкости основных деталей механизма были предложены следующие конструкторские и материаловедческие рекомендации (рис. 2, 3): 1) конструкцию поводка сделать составной (состоящей из ролика и непосредственно поводка); 2) увеличить длину каретки; 3) заменить материал поводка и втулки на сталь 45 (взамен стали 40).



1 – поводок, 2 – втулка, 3 – каретка, 4 – рычаг

Рисунок 2 – Детали узла нитераскладочного механизма перемоточной машины DS-10 фирмы-производителя



1 – поводок, 2 – ролик, 3 – каретка, 4 – рычаг

Рисунок 3 – Детали узла нитераскладочного механизма перемоточной машины DS-10 оптимизированной конструкции

Результаты стендовых испытаний показали, что скорость изнашивания ролика, изготовленного из стали 45, в диапазоне исследованных скоростей и нагрузок изменялась незначительно, возрастая с их увеличением [4, 5].

В результате производственных испытаний было выявлено увеличение срока службы деталей нитераскладочного механизма оптимизированной конструкции примерно в 1,8 раза (рис. 4).

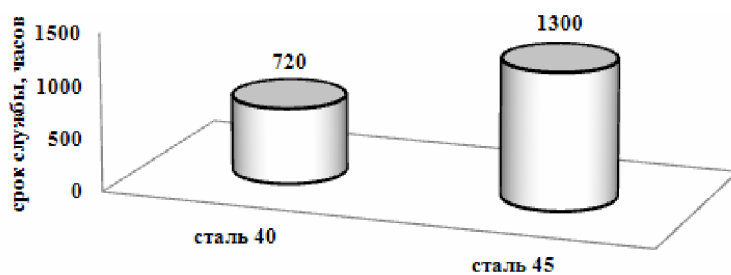


Рисунок 4 – Результаты производственных испытаний

С помощью метода конечных элементов в среде программного продукта SolidWorks 2012 был осуществлен анализ напряженно-деформированного состояния детали «каретка». Анализ осуществлялся поэтапно (рис. 5): 1) создание трехмерной модели; 2) построение сетки конечных элементов; 3) инженерный анализ модели. На рис. 6 приведен сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния детали «каретка» нитераскладочного механизма до и после оптимизации.

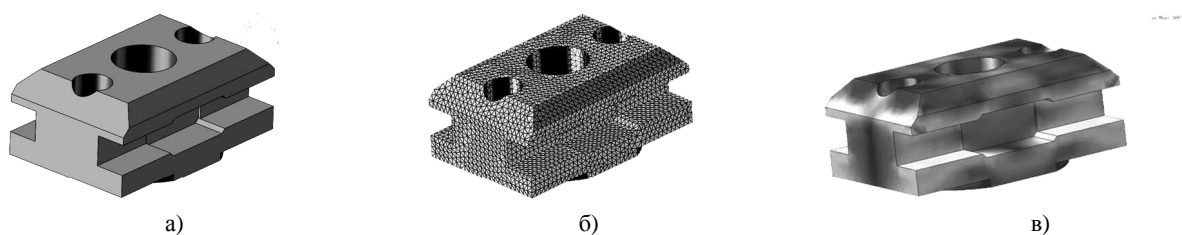


Рисунок 5 – Этапы компьютерного моделирования

а) создание трехмерной модели; б) построение сетки конечных элементов; в) инженерный анализ модели

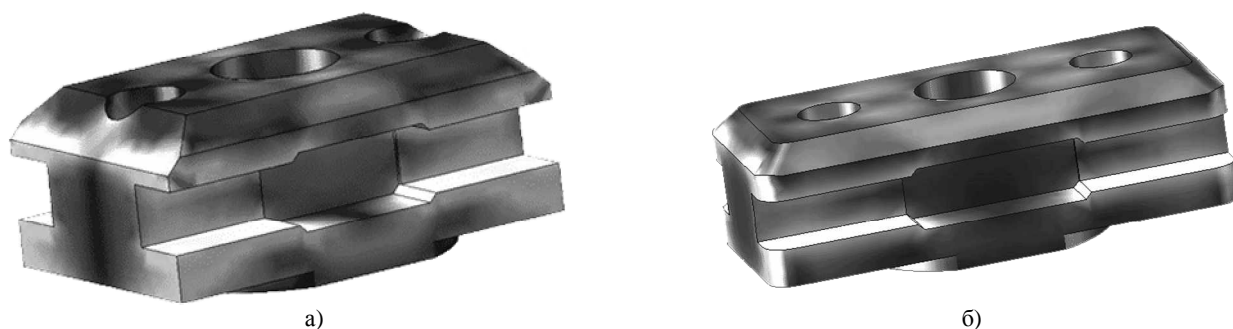


Рисунок 6 – Напряженно-деформированное состояние детали «каретка»
а) до оптимизации; б) после оптимизации

Результаты виртуальных испытаний показали эффективность применения оптимизированной конструкции механизма. За счет увеличения площади контакта (длины каретки) происходит уменьшение внутренних напряжений детали.

Таким образом, применение системного подхода при оптимизации конструкторских и материаловедческих решений деталей химического оборудования с компьютерным сопровождением на базе CALS-технологий позволяет повысить технический ресурс и надежность как отдельно взятых деталей, так и всего оборудования в целом, обеспечив при этом бесперебойность его работы и снизив экономические затраты на производство полиамидных нитей и волокон.

Список литературы

1. Жмыхов, И. Н. История развития химических волокон: прошлое, настоящее, будущее. К 80-летию химических волокон Беларуси / сост. И. Н. Жмыхов, Е. А. Рогова. – Могилев: МГУП, 2010. – 157 с.
2. Перепелкин, К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы: монография / К. Е. Перепелкин. – СПб.: РИО СПбГУТД, 2008. – 354 с.
3. Официальный сайт ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grodno-khim.by>. – Дата доступа: 10.05.2012.
4. Папроцкая, Н. Н. Оптимизация конструкторских и материаловедческих решений для деталей оборудования химического производства / Н. Н. Папроцкая // Физика конденсированного состояния: материалы XX Республиканской науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, г. Гродно, 19 – 20 апреля 2012 г. – Гродно: ГрГУ, 2012. – С. 106 – 111.

5. Антонов, А. С. Применение системного подхода при решении оптимизационных задач оборудования химического производства / А. С. Антонов, Н. Н. Папроцкая // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития: материалы II Республиканской науч.-техн. конф., г. Гродно, 17 – 18 мая 2012 г. – Гродно: ГрГУ, 2012. – С. 99 – 102.
6. Алямовский, А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский [и др.]. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 800 с.

In this article proposed design and materials science solutions of improvement in the rewinder work. These obtained solutions were confirmed by the results of in-process and bench testing. Were conducted virtual testing with the help of CALS-technologies.

Научный руководитель – А. С. Антонов, преподаватель кафедры логистики и методов управления.

УДК 629.3:004.94

И. И. РОМАНЧУК

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРДАНЫХ ВАЛОВ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены структурные особенности шва сварочных соединений карданного вала, проведен анализ напряженно-деформированного состояния виртуальной модели трубы карданного вала и произведен подбор материала трубы с целью улучшения эксплуатационных характеристик.

Рост вычислительной мощности компьютеров и широкое распространение программного обеспечения проектирования и инженерного анализа привели к тому, что конструктора могут использовать данные системы для решения повседневных задач, в частности, таких как оптимизация конструкции с целью улучшения тех или иных ее характеристик.

Для создания объемной модели изделия конструктор может воспользоваться методами трехмерного твердотельного, поверхностного моделирования или сочетанием этих методов с помощью средств CAD (Computer Aided Design) — программный пакет, предназначенный для создания чертежей, конструкторской и/или технологической документации и/или 3D моделей. Современные системы автоматизированного проектирования обычно используются совместно с системами автоматизации инженерных расчетов и анализа CAE (Computer-aided engineering) [1].

На ОАО «Белкард» широко применяется система трехмерного компьютерного моделирования и инженерного анализа при разработке усовершенствованных конструкций карданных валов и передач. Полный цикл моделирования производится несколькими специалистами ОАО «Белкард», начиная с инженера-конструктора, заканчивая инженером-программистом, обеспечивая сквозной характер деятельности в данной области.

Карданные механизмы (карданы) представляют собой устройства, которые способны передавать вращающий момент определенной величины или вращательное движение от одного вала к другому при фиксированных или переменных углах пересечения их осей [2].

Выпускаемые карданные передачи и валы имеют различное конструктивное исполнение, варианты которого зависят от условий (характера) эксплуатации конкретного типа карданного вала или передачи. Детали карданного механизма изготавливают с заданными параметрами, обеспечивающими механическую прочность, необходимый угол складывания, заданный ресурс работы.

Цель настоящего исследования состояла в выборе стали трубы рассматриваемого карданного вала, которая обеспечит необходимые прочностные характеристики и будет отличаться лучшей свариваемостью.

Для исследования приняты карданные валы большегрузных автомобилей серии БелАЗ. Труба карданных валов этой серии изготавливается из стали 35 по ТУ У27.2-05757883-202:2009.

Большое количество актов-рекламаций от потребителей по поводу внезапного разрушения карданных валов данного типа при эксплуатации обусловило необходимость проведения дополнительных исследований по данной проблеме.

Основная часть внезапно вышедших из строя карданных валов имела разрушенные трубы, причем разрушение имеет вид трещины, с началом у сварочного шва и проходящей под углом примерно 45° к оси вала, зачастую через точки приварки балансировочных пластин. Исследование микроструктуры сварочных швов и зоны термического влияния (ЗТВ), соединяющих элементы карданных валов большегрузных автомобилей серии БелАЗ выявило структуру троостит и мартенсит в виде включений в зоне термического влияния с твердостью до 54 HRC.

Сталь 35 имеет ограниченную свариваемость и требует термообработки после сварки для снятия остаточных напряжений. При эксплуатации карданный вал испытывает изгибающие, скручивающие, осевые и другие нагрузки. Включения мартенсита в ЗТВ являются своего рода концентраторами напряжений, приводящие со временем к образованию микротрещин и при неблагоприятных условиях к разрушению карданного вала.

Задачей исследования является подбор стали трубы с оптимальными характеристиками для замены стали 35. Для решения этой задачи за основу материала трубы была предварительно выбрана сталь 20, получены образцы сварных швов с участком ЗТВ и исследована микроструктура стали данных образцов. Исследование микроструктуры не выявило включений мартенсита в ЗТВ. Далее необходимо проверить устойчивость трубы

из стали 20 карданных валов рассматриваемой серии на способность сопротивляться нагрузкам, возникающим при эксплуатации. Согласно конструкторской документации, карданные валы данной серии должны выдерживать без остаточной деформации крутящий момент 17000 Н·м. Предварительные испытания имеет смысл проводить с использованием программного пакета компьютерного моделирования и инженерного анализа. Для этого проводится построение параметрической твердотельной модели с помощью программного пакета компьютерного моделирования, виртуальные компьютерные испытания и анализ полученных результатов.

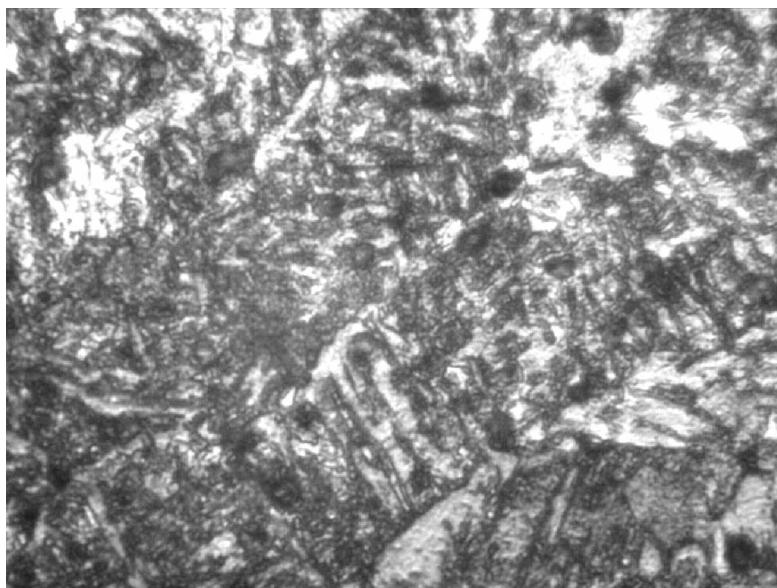


Рисунок 1 – Микроструктура образца сварочного шва в ЗТВ, труба сталь 35 ГОСТ 1050-88, мартенсит в зоне термического влияния

С применением программного пакета SolidWorks была создана виртуальная модель трубы карданного вала рассматриваемой серии с целью исследования напряженно-деформированного состояния и проведения анализа полученных результатов, что позволит подобрать материал трубы с заданными механическими характеристиками, но не образующий закалочных структур при сварке.

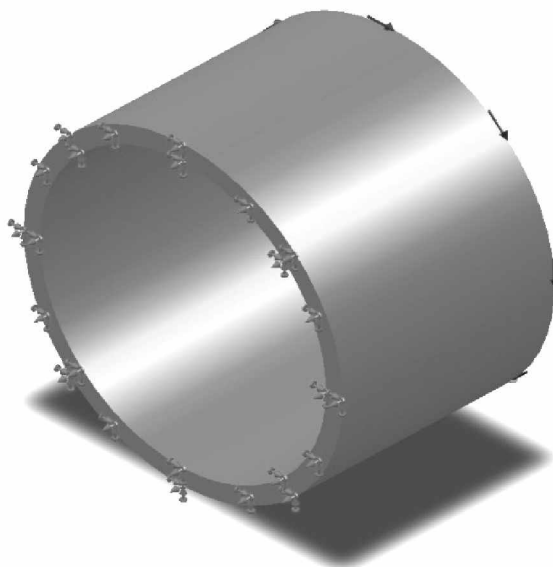


Рисунок 2 – Виртуальная модель трубы карданного вала: стрелками указаны закрепления и направление приложения нагрузки

Виртуальной модели трубы задали характеристики материала, соответствующие стали 20. На один конец модели трубы наложили связи, закрепив его таким образом. Ко второму концу модели трубы приложили нагрузку: крутящий момент 17000 Н·м. Построили сетку конечных элементов модели трубы. Далее произвели расчетные вычисления и провели анализ полученных результатов.

Выполнив расчеты, программа выдала результат в виде цветного изображения напряженно-деформированного состояния модели трубы под действием вышеуказанной нагрузки и шкалу соответствия

цвета и напряжения, возникшего в области модели трубы, имеющей определенный цвет (рисунок 3). Таким образом, визуально можно определить области, в которых возникают наибольшие напряжения. В данном случае видно, что при нагружении модели трубы сечением $\varnothing 105 \text{ вн} \times 6 \text{ мм}$ крутящим моментом 17000 Н·м наибольшее возникающее напряжение составляет 257241376 Н/м^2 ($257,241 \text{ Н/мм}^2$), что ниже предела текучести, составляющего $351,571 \text{ Н/мм}^2$. Таким образом, можно сделать вывод, что труба карданного вала данной серии из стали 20, согласно результатам виртуальных исследований, должна выдерживать эксплуатационную нагрузку.

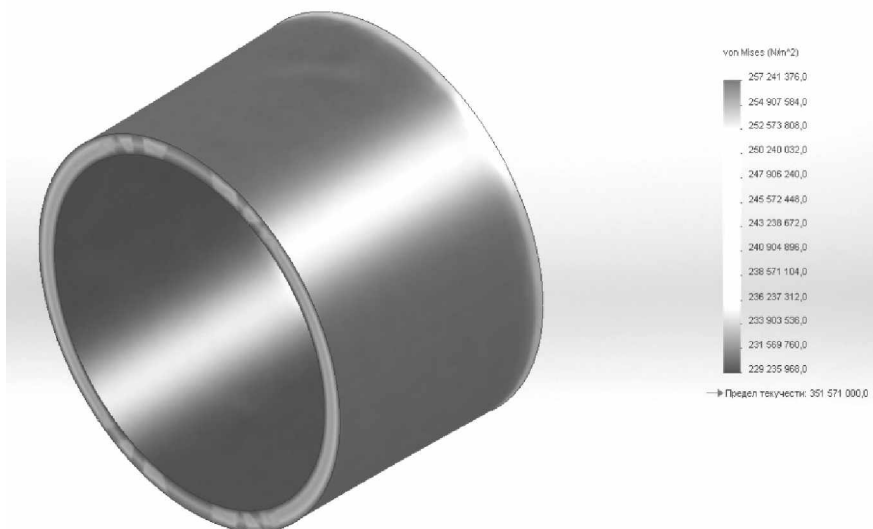


Рисунок 3 – Напряженно-деформированное состояние виртуальной модели трубы карданного вала

Проведенные виртуальные испытания модели трубы карданного вала показали возможности замены материала трубы сталь 35 на сталь 20, при этом сохраняя способность карданного вала выдерживать эксплуатационные нагрузки. Для подтверждения результатов виртуальных испытаний необходимо изготовление опытного образца и проведение стендовых испытаний.

Список литературы:

1. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / Кунву Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
2. Кравченко, В. И. Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк; под ред. В. А. Струка. – Минск: Тэхналогія, 2006. – 409 с.

The structural features of the seam weld the shaft, an analysis of the stress-strain state of a virtual model of the propeller shaft tube and pipe material selection is made in order to improve performance.

Научный руководитель – С. В. Авдейчик, зав. кафедрой материаловедения и ресурсосберегающих технологий, кандидат технических наук, доцент.

УДК 621.892

П. С. СЛАСТЕНОВ

НАНОФАЗНЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Исследованы структура и реологические характеристики пластичных смазок, модифицированных наночастицами фторсодержащих полимер-олигомерных соединений. Показано, что при введении в состав полимерных матриц наномодификаторов наблюдается увеличение прочностных показателей матриц, поэтому эффективность действия смазок возрастает.

Одним из основных процессов, приводящих к выходу машин и механизмов из эксплуатации, является трение. Для уменьшения износа пар трения применяют разнообразные смазочные материалы, из которых наиболее распространенными являются масла, получаемые из нефти путем ректификации. Обычно в нелегированных маслах присутствуют производные углеводородов – сернистые соединения, смолы, нафтеновые кислоты, которые ухудшают их эксплуатационные свойства. Количество вредных примесей уменьшается с увеличением глубины его очистки при переработке из нефти. Однако, даже глубоко очищенные масла не защищают от коррозионного воздействия металлические поверхности и обладают невысокими смазочными свойствами [1 – 6].

В современном машиностроении применяют различные пластичные смазки и смазочные масла, которые содержат в качестве противоизносных компонентов порошки металлов, оксидов, графита, дисульфида молибдена, галогенсодержащие и антиокислительные присадки, полимерные и металлополимерные частицы и т.п. Номенклатура смазочных материалов чрезвычайно широка и непрерывно расширяется в связи с повышением требований потребителей по безопасности, комфортности движения и экологичности эксплуатации различных транспортных средств. Особую перспективу в последнее десятилетие получили присадки нанометровой и нанофазной размерности типа алмазосодержащих продуктов детонационного синтеза, сиалонов, фуллереновых саж, металлов и модификаторы природного происхождения способные к генерированию противоизносных пленок на поверхностях трения. Комплексные исследования особенностей структуры и механизма противоизносного действия наноконпозиционных смазок свидетельствуют о формировании в зоне трения структур, способных противостоять контактным давлениям в сочетании со сдвиговыми деформациями, что приводит к расширению области устойчивой эксплуатации в соответствии с диаграммой А. Begelinger и De Gee A.W.

Наноконпозиционные и нанофазные композиционные смазочные материалы являются востребованным продукцией на рынках Европейского союза, США, СНГ. Применение наносмазок в узлах трения автомобильных агрегатов, токарных патронов позволяет повысить эксплуатационный ресурс данных механизмов. Вместе с тем, стоимость наноразмерных и нанофазных модификаторов достаточно высока, что сдерживает расширение рынка потребления наносмазок. Эффективным противозадирным и компонентом смазок для тяжело нагруженных узлов трения являются полимеры и металлополимерные частицы, в т.ч. в виде дисперсных волокон, полученных при переработке технологических отходов производства искусственного меха. Доступность и дешевизна сырья позволяет получить эффективные смазки для тяжело нагруженных узлов трения, например, для применения в условиях холодного деформирования металлических заготовок.

Представляет интерес использовать в качестве функциональной присадки нанодисперсные частицы полимер-олигомерных продуктов, полученных по технологии термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза), известных под торговым названием «Форум». Разработанная в [7] технология ТГД-синтеза позволяет получать высокомолекулярные фторсодержащие продукты, состав которых определяется термодинамическими режимами проведения процесса.

Целью данной работы являлось изучение структуры и реологических характеристик пластичных смазок, модифицированных нанофазными частицами фторсодержащих полимер-олигомерных соединений.

В качестве базовых пластичных смазок использовали Литол-24, Итмол-150Н. Данные смазочные материалы модифицировали продуктами термогазодинамического синтеза (ТГД-синтеза) политетрафторэтилена (ПТФЭ). Полимер-олигомерный продукт ТГД-синтеза ПТФЭ имеет характерный вид порошка с размером единичных частиц не более 5 мкм и включает в состав набор олигомерных и полимерных фракций различной молекулярной массы (от нескольких сотен до сотен тысяч у.е.). Соотношение олигомерных и полимерных фракций зависит от условий ТГД-синтеза и является переменным параметром продукта «Форум».

Пластичные смазки представляют собой структурированные коллоидные системы. Физико-механические характеристики данных систем прежде всего зависят от особенностей трехмерного структурного каркаса, образующегося из дисперсной фазы, который в своих ячейках удерживает большое количество (80-90 %) дисперсионной среды. Прочность структурного каркаса определяется следующими факторами: силами взаимодействия между его отдельными частицами, между элементами структурного каркаса и дисперсионной средой на границе раздела фаз, числом контактов частиц каркаса в единице объема, электростатическими характеристиками, критической концентрацией ассоциации различных дисперсных систем и других физико-химических факторов.

Согласно данным ИК-спектроскопии в спектрах пластичных смазок, модифицированных нанофазными частицами политетрафторэтилена, полученных термогазодинамическим синтезом, для одного вида смазок (Литол-24) не наблюдается образования химических связей между частицами модификатора и молекулами смазки, что подтверждается отсутствием дополнительных полос поглощения или смещением интенсивных полос поглощения модифицированных смазок по отношению к базовому смазочному материалу (рис. 1).

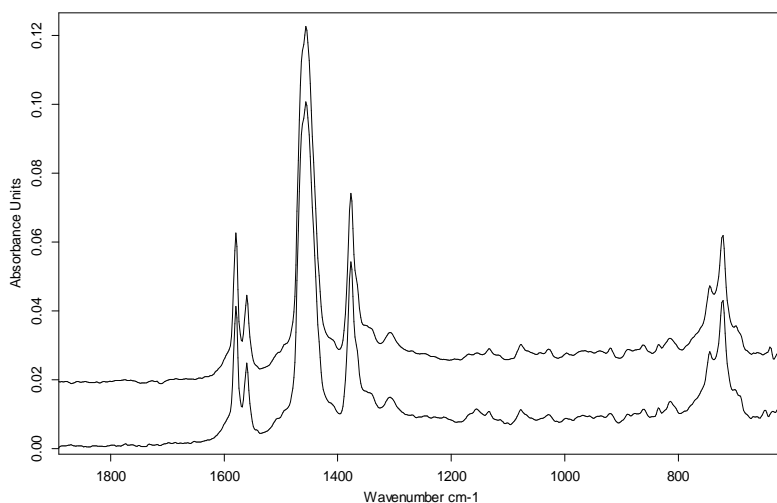


Рисунок 1 – ИК-спектры пластичных смазок Литол-24 (1) и Литол-24, модифицированных 5 мас. % полимер-олигомерными частицами политетрафторэтилена (2)

Модифицирование «Форумом» пластичной смазки Итмол-150Н приводит к смещению полос поглощения в области 1146-1229 см⁻¹, что может свидетельствовать о взаимодействии между частицами модификатора и молекулами смазочной основы с образованием физических связей (рис. 2).

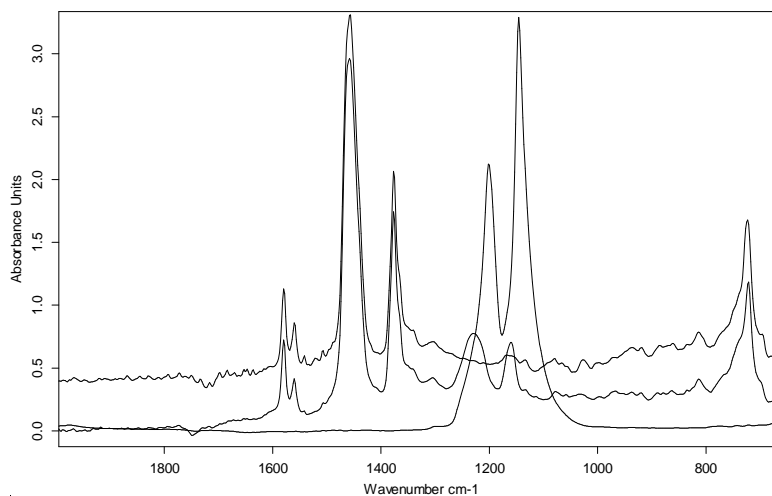


Рисунок 2 – ИК-спектры пластичных смазок Итмол-150Н (1), Итмол-150Н, модифицированных 5 мас.% полимер-олигомерными частицами политетрафторэтилена (2), ИК-спектр полимер-олигомерных частиц политетрафторэтилена (3)

Наблюдаемые структурные изменения оказывают влияние на реологические характеристики пластичных смазок. Введение нанофазного фторсодержащего модификатора в Литол-24 увеличивает значения динамической вязкости с 67.5 МПа·с до 87 МПа·с, в Итмол-150Н – с 42.5 МПа·с до 56.5 МПа·с.

Таким образом, при введении в состав полимерных матриц наномодификаторов наблюдается увеличение прочностных показателей матриц, поэтому эффективность действия смазок возрастает. Нанофазные фторсодержащие смазки обладают более высокой устойчивостью к разрушению, а образовавшиеся квазисшитые структуры с меньшей вероятностью разрушаются с появлением макрорадикалов.

Введение в смазочную основу нанофазных частиц кремня, также как и в случае фторсодержащих частиц изменять структуру смазок, что отражается на технологических характеристиках. На рисунке 3 приведена зависимость динамической вязкости базовой пластичной смазки от концентрации нанофазного модификатора.

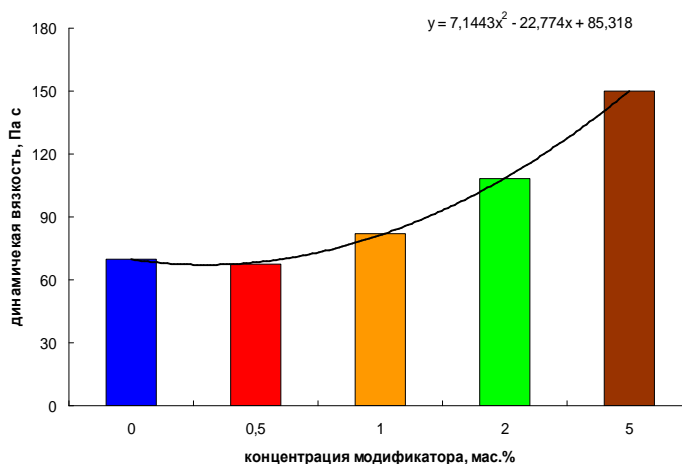


Рисунок 3 – Зависимость динамической вязкости композиции на базе пластичной смазки Литол-24 от содержания нанофазного модификатора кремня

Полимерная оболочка вокруг каждой нанофазной частицы или кластерных образований препятствует формированию крупных агрегатов, которые могут привести к абразивному воздействию на сопряженные детали пары трения.

Таким образом, наличие у наночастиц модификатора нескомпенсированных носителей заряда [8] способствует поляризации жидкофазного компонента, расположенного вокруг полярных частиц, введенных в смазку, и полимерного разделительного слоя, который формируется в процессе эксплуатации пары. В результате на поверхности трения образуется экранирующий слой сложного строения, включающий полимерную и олигомерную компоненту. Частицы олигомер-полимерных фторсодержащих соединений могут быть использованы в качестве носителей функциональных модификаторов [7].

Список литературы

1. Истинская, Н. И. Топливо, масла и технические жидкости / Н. И. Истинская, В. Л. Кузнецов. – М.: Колос, 1989. – 303 с.
2. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах: учеб. для вузов / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – Минск: Выш. шк., 1999. – 374 с.
3. Виппер, А. Б. Зарубежные масла и присадки / А. Б. Виппер, А. В. Виленкин. – М.: Химия, 1981. – 354 с.
4. Воробьева, С. А. Влияние высокодисперсных металлоплакирующих присадок на антифрикционные и противоизносные свойства моторного масла / С. А. Воробьева // Трение и износ. – 1996. – Т. 17, № 6. – С. 827 – 831.
5. Виноградова, И. Э. Противоизносные присадки к маслам / И. Э. Виноградова. – М.: Химия, 1972. – 272 с.
6. Struk, V. A. Carbon modifier for mineral oils / V. A. Struk, E. V. Ovchinnikov, S. U. Kukla // International conference BALTRIB'99. – Kaunas, 1999. – P. 124 – 126.
7. Цветников, А. К. Олигомер-полимерные композиции на основе фторсодержащих материалов / А.К. Цветников [и др.] // Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях: материалы восьмой ежегодной международной промышленной конференции, п. Славское, Карпаты, 11 – 15 февр. 2008 г. / УИЦ «Наука. Техника. Технология»; под ред. З.Ю. Главацкой. – Киев, 2008. – С. 26 – 33.
8. Дисперсные модификаторы полимерных матриц. Морфология и зарядовое состояние дисперсных частиц / Н. А. Антанович [и др.] // Машиностроение и техносфера XXI века: сб. трудов XVII международной науч.-техн. конф., Севастополь, 13 – 18 сентября 2010 г.: в 4 т. / ДонНТУ, редкол.: А. Н. Михайлов [и др.]. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – Т. 1. – С. 31 – 40.

The structure and rheological properties of lubricating greases modified nanophase particles of fluorine-containing polymer of oligomeric compounds are studied. It is shown that the introduction of the nanomodifiers into the polymer matrix increases the strength characteristics of the matrices, so the effectiveness of the lubricant increases.

Научный руководитель – Е. В. Овчинников, доцент кафедры логистики и методов управления, кандидат технических наук, доцент.

УДК 538.911

А. Г. ШАГОЙКА

КОМПЛЕКСНЫЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

Рассмотрены морфология и структура поверхностных слоев покрытий нитридов алюминия и титана, находящихся на металлической поверхности. Установлен характер взаимного влияния слоев на распределение активных центров и энергию межфазного взаимодействия.

Поверхностное, структурное и химическое модифицирование материалов, нанесение тонких плазмохимических покрытий на рабочей поверхности изделий являются одним из наиболее эффективных технологических методов повышения их эксплуатационных свойств [1 – 3]. При этом достигаемый эффект зависит от большого числа факторов, среди которых наиболее важным является выбор оптимальных по химическому составу и свойствам материала покрытия и технологии его формирования.

Следует отметить, что в настоящее время достаточно полно разработаны физико-химические основы процессов формирования покрытий из порошковых материалов [4], расплавов [5] и растворов полимеров [6], полимеризацией мономеров в газовой фазе [7]. Предложены высокоэффективные технологии формирования металлических и полимерных покрытий различного назначения [5 – 7], получена обширная информация о физико-химических и механических свойствах тонкопленочных материалов, их связи и зависимости от технологических режимов и условий формирования [2-6].

Использование металлорежущего инструмента с антиадгезионным, антифрикционным тонким покрытием (0,5 – 10 мкм) обеспечивает ряд важных преимуществ по отношению к базовому инструменту: повышение производительности обработки резанием в 1,7-4 раз, увеличение срока службы инструмента до 1,5 – 10 раз при обработке конструкционных сталей, до 4 раз – при резании коррозионнстойких и жаропрочных сталей, в 1,5 – 2,5 раза – при обработке титановых и никелевых сплавов. Основными особенностями как тонких металлических, так и полимерных покрытий являются их достаточно высокая структурная неоднородность, зависимость свойств от толщины слоя и природы материала подложки, на поверхность которой они осаждаются. Под действием поля твердой поверхности в слоях тонкослойного покрытия, находящихся в контакте с подложкой (граничных слоях), протекают специфические процессы структурной перестройки [8]. Если толщина покрытия соизмерима с толщиной граничного слоя, то возникает ряд эффектов, обусловленных термодинамической неустойчивостью пленочных систем [9].

Одним из перспективных видов покрытий в качестве антифрикционных, жаростойких разделительных слоев являются системы Ti-Al-N. Основным преимуществом в сравнении, например, с системой Ti-Si-N является то, что такие покрытия можно получать с использованием двух катодов из Ti и Al [10, 11]. Более простая схема предполагает использование одного катода из сплава Ti-Al [12]. В покрытиях состава Ti_{1-x}Al_xN максимальная твердость (до 40 ГПа) достигается, когда значение параметра x в формуле нитрида составляет 0,5 – 0,6. В неравновесных условиях вакуумно-дугового осаждения именно этот диапазон концентраций является критическим с точки зрения растворимости элементов в решетках нитридов [12].

Целью данной работы является изучение структуры, морфологии и физико-механических характеристик покрытий Al-Ti-N во взаимосвязи с технологическими аспектами формирования покрытий.

Композиционные многослойные покрытия на базе алмазоподобных покрытий, нитридов, карбидов титана наносили методом реактивного электродугового испарения на установке УРМЗ 279.048. Покрытия толщиной около 1 мкм были получены на полированных подложках из коррозионнстойкой стали при варьировании дав-

ления азота в вакуумной камере в интервале $(7,5 \div 32) \cdot 10^{-3}$ Па и отрицательного потенциала смещения, подаваемого на подложку – 50В. Поверхность подложек подвергали шлифовке и полировке до чистоты не ниже 11 кл. Исследования структуры, физико-химических характеристик покрытий проводили общепринятыми методами оптической, атомно-силовой микроскопии (АСМ) по известным методикам.

Эксплуатационные характеристики вакуумных покрытий, получаемых по плазмохимической технологии в большой степени зависят от морфологии граничных слоев. Методом оптической микроскопии изучены морфологические особенности покрытий AlTiN, полученных при различных технологических режимах.

Результаты проведенного анализа методом оптической микроскопии образцов тонкослойных покрытий AlTiN, сформированных на стальной подложке представлены на рис. 1 – 2. Используя программный пакет AutoScan, определено процентное содержание включений в структуре покрытий. Установлено уменьшение количества включений с увеличением значений вакуума в рабочей камере.

Методом атомно-силовой микроскопии изучена морфология тонкослойных покрытий Al-Ti-N, а также проведен фазовый анализ поверхностных слоев. Полученные результаты АСМ коррелируют с данными оптической микроскопии (рис. 3).

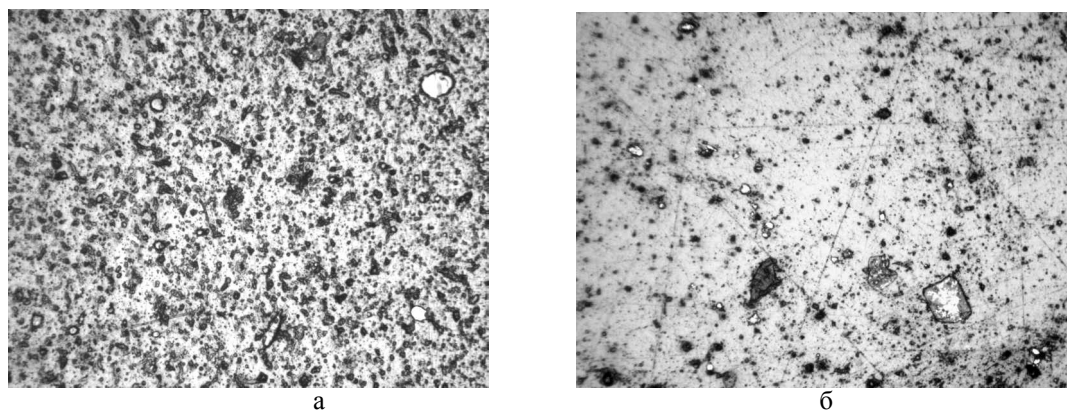


Рисунок 1 – Морфология поверхностных слоев покрытий AlTiN: а – давление в камере $1,1 \cdot 10^{-2}$ Па, б – давление в камере $3,2 \cdot 10^{-2}$ Па ($\times 300$)

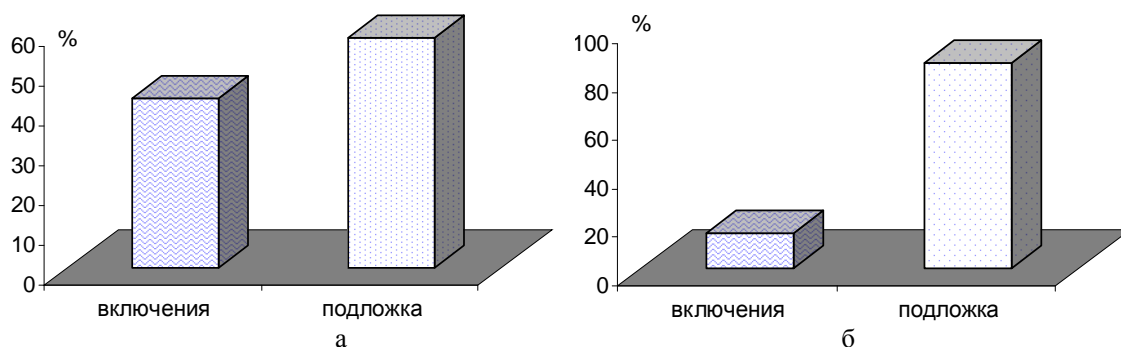


Рисунок 2 – Количественное распределение включений в структуре покрытий AlTiN, сформированных при различных технологических режимах: а – давление в камере $1,1 \cdot 10^{-2}$ Па, б – давление в камере $3,2 \cdot 10^{-2}$ Па

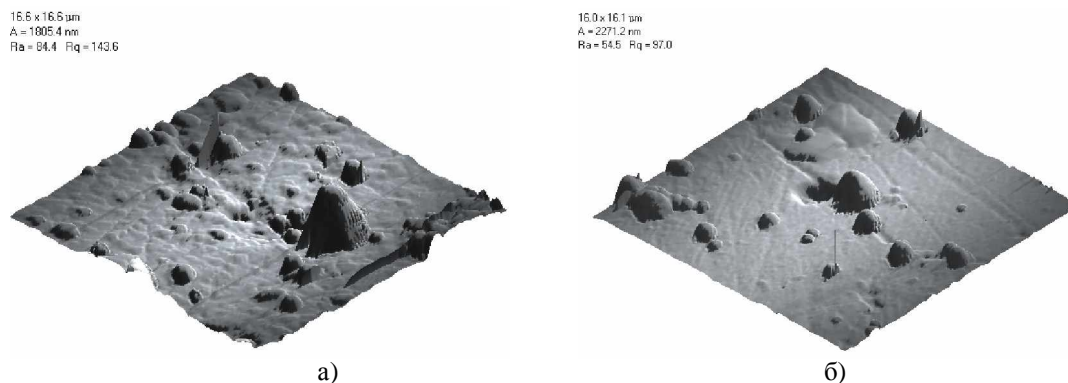


Рисунок 3 – Атомно-силовые снимки поверхностных слоев покрытий Al-Ti-N, сформированных при различных технологических режимах: а – давление в камере $1,1 \cdot 10^{-2}$ Па, б – давление в камере $3,2 \cdot 10^{-2}$ Па

Покрытия Al-Ti-N, сформированные при высоком вакууме в камере, характеризуются большим количеством включений, которые имеют фактически одинаковые физико-механические характеристики с матрицей по-

крытия. Увеличение давления газов в вакуумной камере приводит увеличению геометрических размеров включений, при уменьшении их содержания в матрице покрытия (рис. 1, 2). Прочностные характеристики данных включений резко отличаются от матрицы самого покрытия, а также являются структурно неоднородными в зависимости от размеров данных частиц (рис. 4).

Методом динамического индентирования определена твердость покрытий Al-Ti-N, сформированных при различных технологических режимах. Установлено, что твердость покрытий Al-Ti-N возрастает с увеличением давления газов в вакуумной камере. Так, значения твердости для покрытия, сформированного при давлении в камере $1,1 \cdot 10^{-2}$ Па – 75,5 HRC, а для покрытия, сформированного при давлении в камере $3,2 \cdot 10^{-3}$ Па – 84,5 HRC. Согласно устоявшимся представлений достаточно обоснованным является эмпирическое правило: выше чем давление в камере, тем ниже качество покрытия. Однако, для данного случая оно не выполняется. Возможно, что наличие в структуре покрытия дисперсных частиц повышенной прочности приводит к увеличению физико-механических характеристик покрытия в целом, т.е. наблюдается эффект дисперсионного упрочнения матрицы покрытия Al-Ti-N, сформированного при давлениях в вакуумной камере свыше $3,2 \cdot 10^{-3}$ Па.

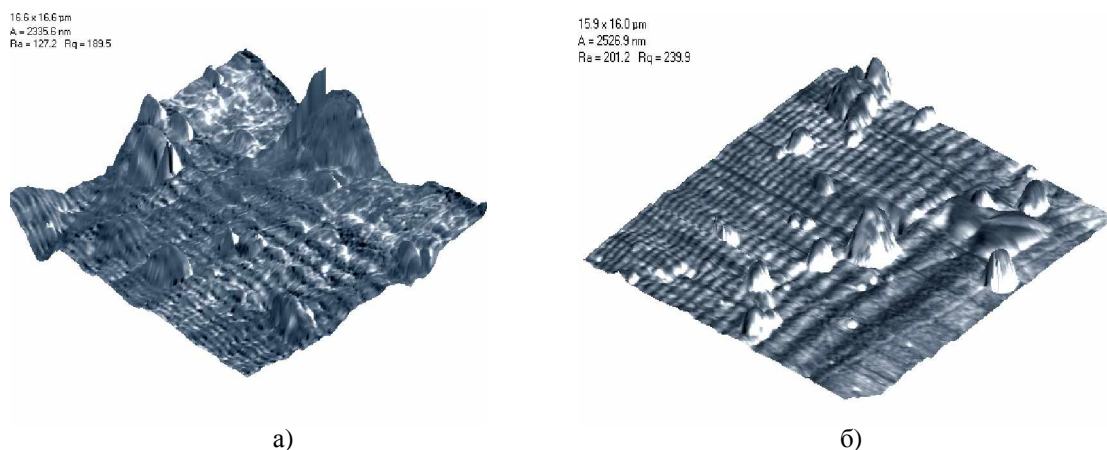


Рисунок 4 – Атомно-силовые снимки фазового контраста поверхностных слоев покрытий Al-Ti-N, сформированных при различных технологических режимах: а – давление в камере $1,1 \cdot 10^{-2}$ Па, б – давление в камере $3,2 \cdot 10^{-3}$ Па

Рассмотрена морфология, структура поверхностных слоев покрытий Al-Ti-N, сформированных на поверхности стали. Установлен характер взаимного влияния слоев на распределение активных центров и энергию межфазного взаимодействия. Сформулирована модель, позволяющая провести аналитическое описание диффузионных процессов в условиях протекания контактных химических реакций. Численными методами получены распределения включений в структуре покрытий. Определены кинетические особенности диффузионных процессов и их зависимость от толщины слоя, температуры. Подача на подложку потенциала смещения –50 В приводит к формированию в пленках Al-Ti-N сильной текстуры и крайне высоких сжимающих напряжений, а значит, увеличению периода решетки в направлении нормали к поверхности, что сказывается на прочностных характеристиках исследуемых покрытий. Покрытия композиционного материала проходят испытания на ОАО «Белкард» при использовании различного вида металлообрабатывающего инструмента.

Список литературы

1. Полевой, С. Н. Упрочнение машиностроительных материалов / С. Н. Полевой, В. Д. Евдокимов. – М.: Машиностроение, 1994. – 496 с.
2. Чеботаровский, В. В. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении / В. В. Чеботаровский, Э. К. Кондратов. – М.: Машиностроение, 1978. – 295 с.
3. Ткачук, Б. В. Получение тонких полимерных покрытий из газовой фазы / Б. В. Ткачук, В. М. Колотыркин. – М.: Химия, 1977. – 216 с.
4. Белый, В. А. Полимерные покрытия / В. А. Белый, В. Д. Довляло, О. Р. Юркевич. – Минск: Наука и техника, 1976. – 416 с.
5. Корякина, М. И. Технология полимерных покрытий / М. И. Корякина, В. Е. Попцов. – М.: Химия, 1983. – 336 с.
6. Яковлев, Д. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / Д. Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. – 352 с.
7. Ясуда, Х. Полимеризация в плазме / Х. Ясуда. – М.: Мир, 1988. – 376 с.
8. Липатов, Ю. С. Межфазные явления в полимерах / Ю. С. Липатов. – Киев: Наукова думка, 1980. – 260 с.
9. Дерягин, Б. В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок / Б. В. Дерягин. – М.: Наука, 1986. – 206 с.
10. Ding, X. Abrasive wear resistance of Ti 1-x Al x N hard coatings deposited by a vacuum arc system with lateral rotating cathodes / X. Ding, C. T. Bui, X. T. Zeng // Surf. And Coat. Technol. – 2008. – Vol. 203. – P. 680 – 684.
11. Mechanical properties and machining performance of Ti 1-x Alx N-coated cutting tools. plating / A. Horling [et al.] // Surf. And Coat. Technol. – 2005. – Vol. 191. – P. 384 – 392.
12. Механічні властивості покриттів на основі титану / А. П. Шпак [и др.]. – Київ: ИМФ НАНУ, 2005. – 96 с.

The morphology and structure of the surface layers of aluminum and titanium nitrides coatings on a metal surface are studied. The character of the mutual influence of layers on the distribution of the active centers and interfacial interactions energy is established.

Научный руководитель – Е. В. Овчинников, доцент кафедры логистики и методов управления, кандидат технических наук, доцент.

МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК 004.9

Н. В. БЕКИШ

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Описаны основные принципы имитационного моделирования НМ-сетей с приоритетными заявками с помощью дискретно-событийного моделирования с помощью открытой программной библиотеки SimPy (Simulation in Python) пакета Python. Рассмотрено также применение имитационного моделирования при решении задач нахождения ожидаемых доходов конкретной логистической транспортной системы.

Введение. Общие понятия имитационного моделирования. Статистическое моделирование – метод исследования сложных систем, основанный на описании процессов функционирования отдельных элементов в их взаимосвязи с целью получения множества частных результатов, подлежащих обработке методами математической статистики для получения конечных результатов. В основе статистического моделирования лежит метод статистических испытаний – метод Монте-Карло.

Имитационная модель – универсальное средство исследования сложных систем, представляющее собой логико-алгоритмическое описание поведения отдельных элементов системы и правил их взаимодействия, отображающих последовательность событий, возникающих в моделируемой системе. Если статистическое моделирование выполняется с использованием имитационной модели, то такое моделирование называется имитационным. Наиболее широкое применение имитационное моделирование получило при исследовании сложных систем, в том числе моделей сетей массового обслуживания.

Имитационное моделирование дискретных систем со стохастическим характером функционирования, таких как системы и сети массового обслуживания, предполагает использование ряда типовых процедур, обеспечивающих реализацию соответствующих имитационных моделей. К таким процедурам, в первую очередь, относятся следующие процедуры:

- 1) выработка (генерирование) случайных величин с заданным законом распределения;
- 2) формирование потоков заявок и имитация обслуживания;
- 3) организация очередей заявок;
- 4) организация службы времени;
- 5) сбор и статистическая обработка результатов моделирования.

С помощью имитационного моделирования появляется возможность компьютерными экспериментами оценить точность приближенных аналитических методов анализа сетей МО.

Имитационное моделирование обычно проводится на ПЭВМ в соответствии с программой, реализующей заданное конкретное логико-алгоритмическое описание. В большинстве случаев модель является не точным аналогом системы, а скорее её символическим отображением. Однако такая модель позволяет производить измерения, которые невозможно произвести каким-либо другим способом. Имитационное моделирование обеспечивает возможность испытания, оценки и проведения экспериментов с исследуемой системой без каких-либо непосредственных воздействий на нее.

Выделяют три вида имитационного моделирования: агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование и системная динамика. Агентное моделирование используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Системная динамика — парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере. В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы.

Описание имитационного моделирования НМ-сети с приоритетными заявками. Рассмотрим НМ (Howard-Matalytski) – сеть произвольной структуры, состоящие из n СМО S_1, S_2, \dots, S_n . Заявка при переходе из одной СМО в другую приносит последней системе некоторый доход и соответственно доход первой системы уменьшается на эту величину. Такие сети применяются в качестве моделей прогнозирования доходов на предприятиях в банковских информационных сетях, логистических транспортных системах и других объектах [1].

Дискретно-событийное моделирование включает в себя активно-ориентированную модель, событийно-ориентированную модель и процессно-ориентированную модель.

Для моделирования НМ-сетей с приоритетными заявками будем использовать процессно-ориентированную модель. В основе ее лежит использование объектов двух типов: 1) процессы (активного типа), 2) ресурсы (неактивного типа).

К процессам можно отнести заявки, обслуживаемые в сети, которые соответствуют в реальности, например, клиентам в банке, пациентам в больнице, пакетам в компьютерной сети. К ресурсам можно

отнести различные СМО сети, которые соответствуют кассам в банках, врачам в больнице, сетевым файловым серверам и т.д.

Построим имитационную модель процесса изменения доходов в системах замкнутой НМ-сети с приоритетными заявками. Введем в рассмотрение процессы и ресурсы. Ресурсом является СМО, а процессом – каждая заявка, обслуживаемая в сети. Число линий обслуживания в СМО, закон распределения времен обслуживания заявок в каждой линии и другие представляют собой набор свойств ресурса. Для каждого процесса задается приоритет, определяемый следующим образом: либо заявка имеет приоритет (заявки первого типа) в обслуживании, либо не имеет (заявки второго типа). Процессы с приоритетом обслуживаются в первую очередь, а процессы без приоритета должны ждать. Преимущественное внимание уделяется приоритетным заявкам, которые могут прервать обслуживание неприоритетных заявок.

Процессы могут «захватывать» ресурсы, когда те свободны, «удерживать» их в течение некоторого времени, или становиться в очередь к ресурсам, что равносильно обслуживанию заявок в СМО. Причем тут срабатывает принцип приоритетности заявок. Если процесс «занят» неприоритетной заявкой и больше нет свободных процессов, то приоритетная заявка «вытаскивает» неприоритетную и обслуживается указанным процессом. Другими словами, указанная неприоритетная заявка прерывает свое обслуживание и становится в очередь. Когда очередь доходит до неприоритетной заявки, которая была «вытолкнута», она обслуживается с того момента, с которого прервали ее обслуживание, т.е. дообслуживается. После захвата и удержания одного ресурса, процесс переходит к другому ресурсу, согласно матрице вероятностей переходов. За переход от одного ресурса к другому, некоторый определенный доход переходит от ресурса-источника к ресурсу-получателю. Эта величина определяется генератором, сопоставленным ресурсу, участвующему в переходе.

В рассмотрение вводятся объекты еще одного типа – генераторы доходов, которые могут быть случайными величинами (СВ). Для каждой СМО необходимо сопоставить по три генератора доходов – первый для получения значения выигрыша от перехода заявки первого типа из этой системы в другую и наоборот, второй – для получения значения выигрыша от перехода заявки второго типа из этой системы в другую и наоборот, третий – для получения выигрыша СМО за промежуток времени, в течение которого все заявки находились на обслуживании.

При описанном имитационном моделировании был использован пакет SimPy (Simulation in Python) – открытая программная библиотека для имитационного моделирования различных процессов с дискретными событиями, написанная на языке программирования Python. Для представления компонентов имитации в пакете существуют два основных класса – Process для активных процессов и Resource – для ресурсов. Кроме того, введен важный класс Monitor, который собирает моделируемые данные для анализа и статистики.

Применение имитационного моделирования при решении задач транспортной логистики. Рассмотрим модель фрагмента логистической транспортной системы (рисунок 1).

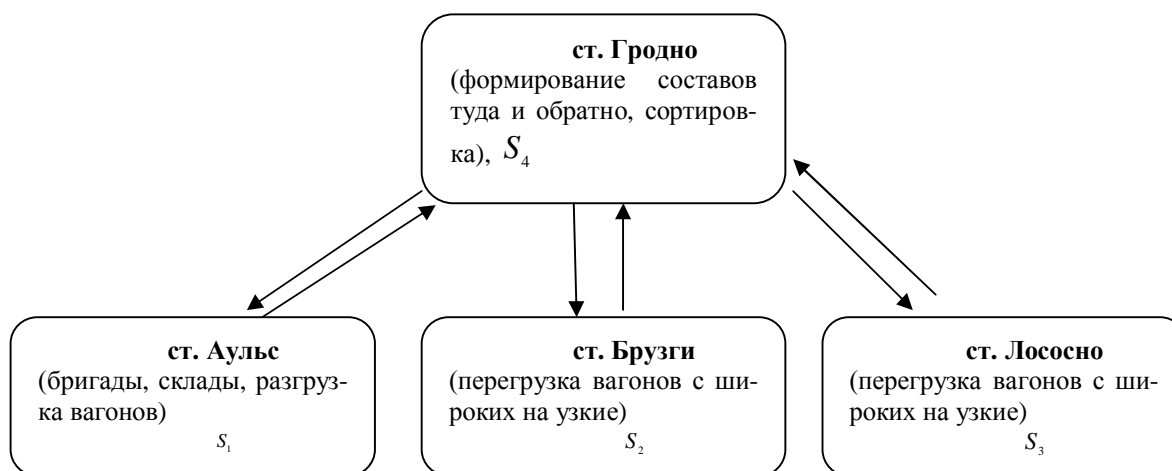


Рисунок 1 - Гродненская транспортная логистическая система

Известно, что матрица вероятностей переходов между системами имеет вид:

$$P = \|p_{ij}\|_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0 \end{pmatrix}.$$

Интенсивности обслуживания заявок задаются следующим образом:

$$\mu_1(t) = \sin(5t + 1), \quad \mu_2(t) = 3t + 2, \quad \mu_3(t) = 1 + \sin 4t, \quad \mu_4(t) = 4t - 1,$$

а времена обслуживания заявок в системах распределены по следующим законам: в системе S_1 – равномерно на отрезке $[0,3]$, в системе S_2 – по логнормальному с параметрами 3 и 1, в системе S_3 – по распределению Эрланга с параметрами 2 и 3, в системе S_4 – по нормальному закону со средним 2 и дисперсией 1.

Пусть в сети циркулируют 25 заявок первого типа, $K_1 = 25$, и 100 заявок второго типа, $K_2 = 100$. Матрицы доходов от переходов между системами СМО имеют вид:

$$r^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 400 & 380 & 0 \end{pmatrix}, \quad r^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 20 & 50 & 70 & 0 \end{pmatrix}.$$

Пусть также в начальный момент времени доходы во всех системах сети равны нулю. При помощи имитационного моделирования получены следующие результаты (рисунок 2).

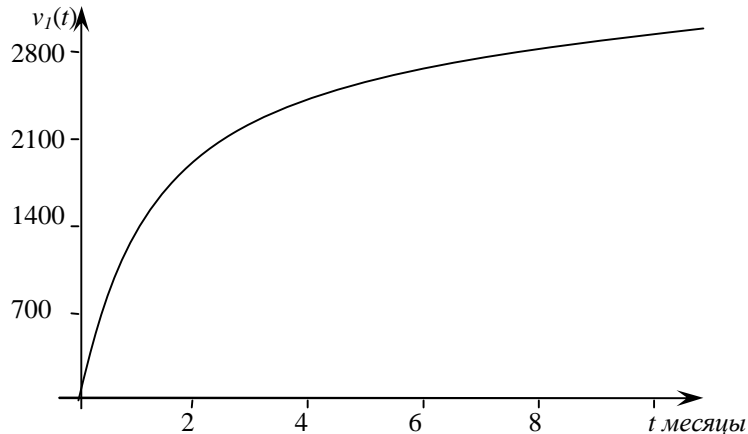


Рисунок 2 – График дохода для системы S_1 сети

Заключение. Таким образом, в статье описаны основные принципы имитационного моделирования НМ-сетей с приоритетными заявками методами открытой программной библиотеки SimPy пакета Python. Рассмотрено также применение имитационного моделирования таких сетей для нахождения ожидаемых доходов конкретной логистической транспортной системы.

Список литературы

1. Матальцкий, М. А. Теория массового обслуживания / М. А. Матальцкий, А. В. Паньков, О. М. Тихоненко. – Гродно: ГрГУ, 2008. – 771 с.

This article describes the basic principles of simulation NM-networks with priority applications using discrete-event simulation using open software library SimPy (Simulation in Python) package of Python. We also consider the use of simulation for solving the problems of finding the expected revenue given the logistics of the transport system.

Научный руководитель – М. А. Матальцкий, заведующий кафедрой стохастического анализа и эконометрического моделирования, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 517.925 (075.8)

Е. Р. БИБИЛО

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТРЕТЬЕГО И ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКОВ, ИМЕЮЩИХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ РЕЗОНАНСЫ

Приведена формула построения рациональных решений дифференциальных уравнений по отрицательным резонансам. Рассмотрено также применение данной формулы для некоторых дифференциальных уравнений третьего и четвертого порядков, имеющих отрицательные резонансы.

Введение. Рациональные решения полиномиальных уравнений, имеющих отрицательные резонансы, могут быть представлены в окрестности бесконечно удаленной точки рядом Лорана вида

$$y = \sum_{m=0}^{\infty} h_m t^{-mv-s}, \quad (1)$$

где $s, v \in \mathbb{N}$.

В таком случае рациональные решения находятся по формуле [1, с. 35]

$$y = \frac{h_0 t^{pv} + \sum_{k=1}^p \left(h_k - \sum_{j=1}^k \alpha_j h_{k-j} \right) t^{(p-k)v}}{t^s \left(t^{pv} - \sum_{k=1}^p \alpha_k t^{(p-k)v} \right)}, \quad (2)$$

где p – ранг ганкелевой матрицы $H = \|h_{k+j}\|_0^{\infty}$.

Примеры нахождения рациональных решений для дифференциальных уравнений третьего и четвертого порядков, имеющих отрицательные резонансы.

Пример 1. Рассмотрим полиномиальное уравнение третьего порядка

$$w'w''' = \frac{2}{3}w''^2 + \frac{1}{3}ww'w'' + 3w'^3 - \frac{1}{3}w^2w'^2. \quad (3)$$

Для данного уравнения имеем $h_{01} = -10$ и $h_{02} = -1$, причем резонансы при $h_{01} = -10$ равняются $-5, 6$, а при $h_{02} = -1$ имеем резонансы $1, 3$.

Таким образом, будем искать решение в виде ряда (1), где $v = -r = 5$, $h_{01} = -10$. Тогда будем иметь:

$$h_2 = -\frac{26}{135}h_1^2, \quad h_3 = \frac{17}{450}h_1^3, \quad h_4 = -\frac{1351}{182250}h_1^4, \quad h_5 = \frac{2651}{1822500}h_1^5, \quad (4)$$

В данном случае ранг ганкелевой матрицы, составленной из h_i , равен $p = 2$ и существуют β_1, β_2 , что выполняются равенства

$$h_2 = \beta_1 h_1 + \beta_2, \quad h_3 = \beta_1 h_2 + \beta_2 h_1, \quad h_4 = \beta_1 h_3 + \beta_2 h_2 \quad (5)$$

Решая систему уравнений (5), учитывая (4), найдем $\beta_1 = -\frac{1}{5}h_1$, $\beta_2 = -\frac{1}{1350}h_1^2$.

Тогда рациональное решение уравнения (3) при $h_1 = 5h$ будет иметь вид

$$w = \frac{-5(t-t_0)^4 \left(2(t-t_0)^5 + h \right)}{(t-t_0)^{10} + h(t-t_0)^5 + \frac{1}{54}h^2}. \quad (6)$$

Пример 2. Рассмотрим полиномиальное уравнение третьего порядка

$$w''' = ww'' + 5w'^2 - w^2w'. \quad (7)$$

Для данного уравнения имеем $h_{01} = -6$ и $h_{02} = -1$, причем резонансы при $h_{01} = -6$ равняются $-5, 6$, а при $h_{02} = -1$ имеем резонансы $1, 5$.

Таким образом, будем искать решение в виде ряда (1), где $s = 1$, $v = -r = 5$, $h_0 = -6$. Тогда будем иметь:

$$h_2 = -\frac{1}{5}h_1^2, \quad h_3 = \frac{1}{25}h_1^3, \quad h_4 = -\frac{1}{125}h_1^4, \quad h_5 = \frac{1}{625}h_1^5, \quad (8)$$

Таким образом, имеем

$$w = -\frac{6}{z} + \frac{h_1}{z^6} - \frac{h_1^2}{5z^{11}} + \frac{h_1^3}{25z^{16}} - \frac{h_1^4}{125z^{21}} + \dots, \quad (9)$$

где $z = t - t_0$.

Легко заметить, что в выражении (9), начиная со второго слагаемого, записана сумма членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии, в которой $b_1 = \frac{h_1}{z^6}$, $q = -\frac{h_1}{5z^5}$.

Используя формулу суммы членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии, при $h_1 = 5h$ получаем рациональное решение уравнения (7)

$$w = -\frac{6(t-t_0)^5 + h}{(t-t_0)((t-t_0)^5 + h)}. \quad (10)$$

Пример 3. Рассмотрим полиномиальное уравнение третьего порядка

$$w''' = 6w^2w' + d(w' - w^2)^2, \quad d = \frac{18}{9 \pm 7\sqrt{3}}. \quad (11)$$

Для данного уравнения имеем $h_{01} = -1$, $h_{02} = 1 \pm 2\sqrt{3}$ и $h_{03} = 1 \pm \frac{\sqrt{3}}{3}$, причем резонансы при $h_{01} = -1$ равняются 3, 4, при $h_{02} = 1 \pm 2\sqrt{3}$ резонансы равны $-5, 12$, а при $h_{03} = 1 \pm \frac{\sqrt{3}}{3}$ имеем резонансы 2, 5.

Таким образом, будем искать решение в виде ряда (1), где $s = 1$, $v = -r = 5$, $h_0 = 1 \pm 2\sqrt{3}$. Тогда будем иметь:

$$h_2 = \frac{1}{165} \cdot \frac{97\sqrt{3} \pm 243}{7\sqrt{3} \pm 9} h_1^2, \quad h_3 = \frac{1}{225} \cdot \frac{67\sqrt{3} \pm 126}{21\sqrt{3} \pm 38} h_1^3, \quad h_4 = \frac{1}{1125} \cdot \frac{67163\sqrt{3} \pm 116373}{33733\sqrt{3} \pm 58419} h_1^4,$$

$$h_5 = \frac{1}{16875} \cdot \frac{2401891537\sqrt{3} \pm 4160198334}{656882709\sqrt{3} \pm 1137754238}, \quad (12)$$

$$h_6 = \frac{1}{84375} \cdot \frac{5255155215396320724433\sqrt{3} \pm 9102195834726994619553}{2348364191466334374557\sqrt{3} \pm 4067486094295098031581} h_1^6,$$

В данном случае ранг ганкелевой матрицы, составленной из h_i , равен $p = 3$ и существуют $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, что выполняются равенства

$$h_3 = \beta_1 h_2 + \beta_2 h_1 + (1 \pm 2\sqrt{3})\beta_3, \quad h_4 = \beta_1 h_3 + \beta_2 h_2 + \beta_3 h_1,$$

$$h_5 = \beta_1 h_4 + \beta_2 h_3 + \beta_3 h_2, \quad h_6 = \beta_1 h_5 + \beta_2 h_4 + \beta_3 h_3. \quad (13)$$

Решая систему уравнений (13), учитывая (12), найдем $\beta_1 = \pm \frac{1}{15} h_1 \sqrt{3}$, $\beta_2 = -\frac{1}{9075} (25\sqrt{3} - 51) h_1^2$, $\beta_3 = 0$.

Тогда рациональное решение уравнения (11) при $h_1 = 165h$ будет иметь вид

$$w = \frac{(1 \pm 2\sqrt{3})(t - t_0)^{10} + 11(9 - \sqrt{3})h(t - t_0)^5 \pm 6(4\sqrt{3} - 13)h^2}{(t - t_0)((t - t_0)^{10} - 11\sqrt{3}h(t - t_0)^5 \pm 3(25\sqrt{3} - 51)h^2)}. \quad (14)$$

Пример 4. Рассмотрим полиномиальное уравнение четвертого порядка

$$w^{IV} = 18ww'' + 9w'^2 - 24w^3. \quad (15)$$

Для данного уравнения имеем $h_{01} = 1$ и $h_{02} = 5$, причем резонансы при $h_{01} = 1$ равняются 3, 4, 8, а при $h_{02} = 5$ имеем резонансы $-5, 8, 12$.

Таким образом, будем искать решение в виде ряда (1), где $s = 2$, $v = -r = 5$, $h_0 = 5$. Тогда будем иметь:

$$h_2 = \frac{11}{180} h_1^2, \quad h_3 = \frac{2}{675} h_1^3, \quad h_4 = \frac{7}{54000} h_1^4, \quad h_5 = \frac{13}{2430000} h_1^5, \dots \quad (16)$$

В данном случае ранг ганкелевой матрицы, составленной из h_i , равен $p = 2$ и существуют β_1, β_2 , что выполняются равенства

$$h_2 = \beta_1 h_1 + 5\beta_2, \quad h_3 = \beta_1 h_2 + \beta_2 h_1, \quad h_4 = \beta_1 h_3 + \beta_2 h_2. \quad (17)$$

Решая систему уравнений (17), учитывая (16), найдем $\beta_1 = \frac{1}{15} h_1$, $\beta_2 = -\frac{1}{900} h_1^2$.

Тогда рациональное решение уравнения (15) при $h_1 = 30h$ будет иметь вид

$$w = \frac{5(t - t_0)^8 + 20h(t - t_0)^3}{((t - t_0)^5 - h)^2}. \quad (18)$$

Пример 5. Рассмотрим полиномиальное уравнение четвертого порядка

$$w^{IV} = 3ww'' + 9w'w'' - 3w^2w'' - 6ww'^2. \quad (19)$$

Для данного уравнения имеем $h_{01} = -1$ и $h_{02} = -2$, причем резонансы при $h_{01} = -1$ равняются 1, 3, 4, а при $h_{02} = -2$ имеем резонансы $-2, 3, 4$.

Таким образом, будем искать решение в виде ряда (1), где $s = 1$, $v = -r = 1$, $h_0 = -2$. Тогда будем иметь:

$$h_2 = -\frac{1}{2} h_1^2, \quad h_3 = \frac{1}{4} h_1^3, \quad h_4 = -\frac{1}{8} h_1^4, \quad h_5 = \frac{1}{16} h_1^5, \quad h_6 = -\frac{1}{32} h_1^6, \dots \quad (20)$$

Таким образом, имеем

$$w = -\frac{2}{z} + \frac{h_1}{z^3} - \frac{h_1^2}{2z^5} + \frac{h_1^3}{4z^7} - \frac{h_1^4}{8z^9} + \dots,$$

где $z = t - t_0$.

Легко заметить, что в данном выражении записана сумма членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии, в которой $b_1 = -\frac{2}{z}, q = -\frac{h_1}{2z^2}$.

Используя формулу суммы членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии, при $\frac{h_1}{2} = a$ получаем рациональное решение уравнения (19)

$$w = \frac{-2(t-t_0)}{(t-t_0)^2 + a} \quad (21)$$

Теорема. Уравнения (3), (7), (11), (15), (19) имеют рациональные решения соответственно (6), (10), (14), (18), (21).

Заключение. Таким образом, приведена формула нахождения рациональных решений дифференциальных уравнений по отрицательным резонансам. Рассмотрено также применение данной формулы для некоторых дифференциальных уравнений третьего и четвертого порядков, имеющих отрицательные резонансы.

Список литературы

1. Здунек, А. Г. О рациональных решениях дифференциальных уравнений / А. Г. Здунек, И. П. Мартынов, В. А. Пронько / Вестник ГрГУ. Сер. 2. Математика, физика, информатика, вычислительная техника и управление, биология. – 2000. – № 3. – С. 33 – 39.

This article provides a formula for finding rational solutions of differential equations for the negative resonance. Also, specific examples should be shown how to find all the coefficients used in this formula.

Научный руководитель – И. П. Мартынов, профессор кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный работник образования.

УДК 004.91+347.78.031

Е. В. БОБОВИК

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Излагаются общие подходы к созданию системы кадрового обеспечения для Гродненской области в рамках высших учебных заведений. Особое внимание уделяется определению конкретных областей внедрения, исследованию предметной области, описанию и обоснованию основных преимуществ предлагаемой системы.

Введение. Анализ актуальности системы и постановка задачи. В настоящее время тенденции информатизации сложных аналитических и промышленных систем набирают все большие обороты и приобретают все большую актуальность в свете потенциальной разгрузки человеческих ресурсов занятых на сборе, каталогизации и аналитической обработке большого количества данных. Также немаловажную роль играет практически полное исключение человеческого фактора при формировании и анализе статистических или аналитических данных.

Образовательная система, и, в частности, система кадрового обеспечения высшего образования, является одной из сфер аналитической обработки данных, для которой необходимость внедрение цифровых технологий уже давно назрела и по какой-то причине все еще не реализована, по крайней мере, в пределах Республики Беларусь.

Как отдельный аспект актуальности внедрения информационных систем в область системы кадрового обеспечения современных учебных заведений, следует рассматривать повсеместную тенденцию развития цифрового документооборота, удаленной или даже автоматизированной процедуры работы либо с потенциальными соискателями, либо – с прочими заинтересованными в получении доступа к соответствующей информации людьми.

Внедрение автоматизированных систем сбора, хранения и обработки данных в такой ситуации предоставляет, практически, все необходимые средства для проектирования и разработки дополнительных модулей системы. Кроме того, предлагаемая система обеспечит доступ к любой публичной информации для каждого желающего, а также возможность получения дополнительной справки, предоставления данных, имея, фактически, лишь доступ к компьютеру, всемирной сети Интернет и соответствующим разделам информационной системы. Такого рода решение позволит, с одной стороны, существенно снизить необходимость каких-либо бюрократических проволочек в процессе получения или дополнения информации, а, с другой стороны, концептуально ускорить и оптимизировать работу ответственных за предоставление и содержание этой информации сотрудников.

Важнейшим условием существования и развития современных вузов и системы образования, в целом, является адекватное реагирование на изменение экономической ситуации, как в отдельном регионе, так и в целом по стране. Естественной основой процесса анализа и выработки соответствующих рекомендаций для деятель-

ности вуза и его конкретного подразделения, прежде всего, является сбор и накопление информации, касающейся востребованности специалистов в той или иной области, кадрового потенциала выпускников, а также тенденций, связанных с подготовки высококвалифицированных специалистов по конкретным специальностям.

Предлагаемая универсальная система интеграции и анализа кадрового обеспечения в рамках системы высшего образования является новой для Республики Беларусь и предполагает создание рабочей модели системы, которая будет способствовать выработке стратегических решений при рассмотрении вопросов, связанных с востребованностью и подготовкой специалистов вузов для различных отраслей экономики страны.

Несомненно, также и то, что, в дальнейшем предлагаемую архитектурную концепцию можно расширить, практически, до масштабов универсального использования при принятии стратегических решений, касающихся подготовки специалистов различного уровня и профиля, а также связанных с тенденциями в области кадрового потенциала.

Отметим также, что во многих вузах Республики Беларусь в настоящее время используются различные информационные системы для решения тех или иных задач управления вузом, учебным процессом, представления информации в итоговом формате и т.д. Однако непосредственного аспекта, связанного с кадровым потенциалом, как для отдельного вуза, так и распределения в контексте белорусской экономики, до настоящего момента не было рассмотрено.

Кроме того, обработка, анализ и формы представления данных позволят не только иметь информацию о различных аспектах, связанных с кадровым потенциалом вузов, но и производить поиск необходимой информации, а также вырабатывать стратегически важные решения в конкретный момент времени.

Характеристика основных этапов разработки. Дадим краткую характеристику основным аспектам, связанным с системой интеграции и анализа кадрового обеспечения в рамках системы высшего образования. Итак, основными задачами, которые возникают на этапе анализа, проектирования и реализации соответствующей системы, являются следующие.

Проведение сбора информации о предметной области, связанной с кадровым обеспечением в системе высшего образования и востребованностью специалистов в различных отраслях.

Определение требований для различных групп пользователей системы и представление соответствующего документа в обобщенной форме.

Разработка общей информационно-модели, включающей корректное описание предметной области, ориентированное на данные, и формулировку бизнес-правил.

Определение общей политики безопасности системы и необходимых групп пользователей системы.

Разработка архитектуры и программного обеспечения для системы интеграции и анализа кадрового обеспечения в рамках системы высшего образования по Гродненской области.

Осуществление реализации и апробации модельного проекта системы интеграции и анализа кадрового обеспечения.

Формирование предложений о возможности использования системы в рамках общего информационного пространства страны.

Отметим также, что, прежде всего, определен также и основной блок, связанный со статистическими данными, который система будет формировать по запросу пользователей.

Востребованность специальности / ... / учебного заведения (со стороны студентов; со стороны работодателей).

Успеваемость (по подразделениям; по специальностям; по студентам).

Итоги распределения / самостоятельного трудоустройства (по подразделениям учебных заведений; по специальностям; по работодателю; по статистике успеваемости и работам студентов).

Статистика результатов работы по месту трудоустройства на определенных этапах.

Анализ статистических распределений по трудоустройству.

Вероятность востребованности специальности.

Анализ качества образования.

Предположение способов / вариантов распределения / трудоустройства.

Формирования вероято востребованных знаний и навыков для студентов.

Общие подходы к разработке системы. Разработка универсальной системы в контексте предложенной тематики подразумевает использование глобальной сети Интернет в качестве среды исполнения, хранения и обработки данных. Такой выбор определен быстро растущими тенденциями использования глобальной всемирной сети в целях распространения информации, хранения пользовательских данных и самих приложений, обеспечения кроссплатформенности приложений [1, 2].

Идея проекта заключается в разработке набора приложений (модулей) путем расширения базовой библиотеки Системы модульной разработки приложений, а также последующего расширения уже имеющихся модулей в направлении их объединения или взаимодействия между собой.

Конечный результат разработки предполагает собой получение системы покрывающей своей функциональностью необходимые аспекты, связанные с интеграцией и анализом кадрового обеспечения в рамках системы высшего образования.

Отметим, что базовой идеей проходящей через каждый из модулей (подсистем) разрабатываемой системы является централизованная система аутентификации пользователей в приложениях. На сегодняшний день огромную популярность приобрела технология авторизации посредством OAuth, вполне зарекомендовавшая себя при применении в наиболее популярных социальных системах Google, Facebook, Twitter и многих других. На базе данной технологии в рамках описываемого проекта уже была разработана система управления пользователями, данная система была выделена в отдельный модуль и позиционируется как одна из обязательных частей каждого приложения.

Другими важными базовыми подсистемами предлагаемого проекта являются:

- подсистема работы с данными учебного заведения;
- подсистема работы с данными соискателей рабочих ресурсов;
- подсистема аналитической обработки данных;
- подсистема индексирования и архивирования неиспользуемых или редко используемых данных.

Приведем также основные модели данных (по аналогии с известным подходом в проектировании, назовем их вайерами, или моделью низкой точности), которые будут интегрированы в общую модель данных системы (рис. 1 и рис. 2).

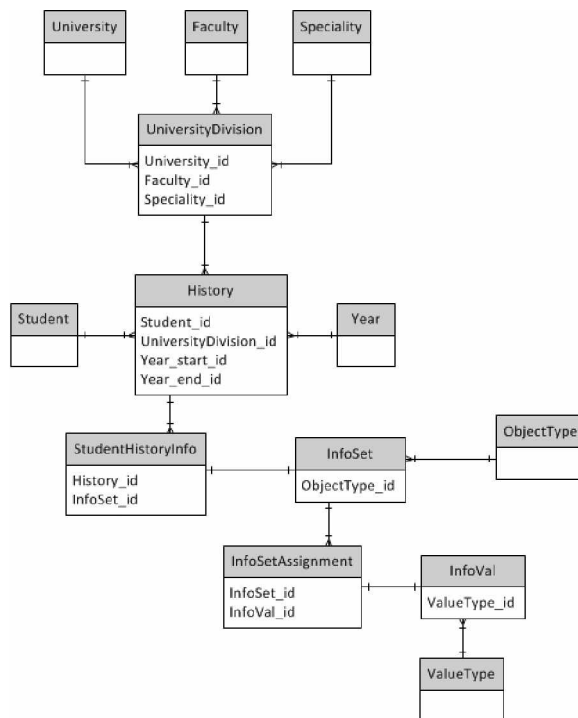


Рисунок 1 – Подсистема работы с данными учебного заведения

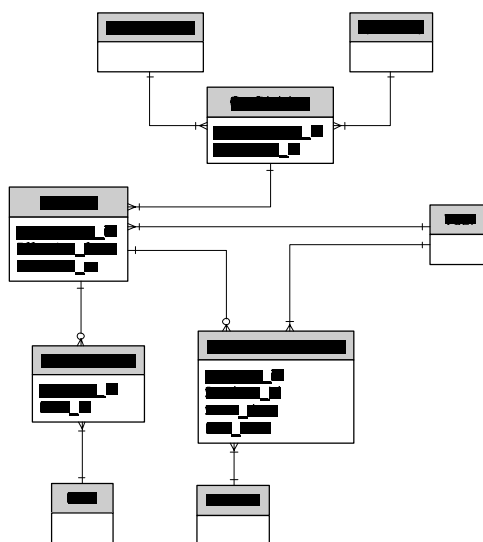


Рисунок 2 – Подсистема работы с данными соискателей рабочих ресурсов

Выводы. Итак, основным концептуальным аспектом для разработки архитектуры и программной реализации системы интеграции и анализа кадрового обеспечения в рамках системы высшего образования Гродненской области является, прежде всего, интеграция данных, связанных с подготовкой специалистов по различным профилям высшими учебными заведениями, их трудоустройством и возможными тенденциями кадрового потенциала для отраслей экономики страны.

Несомненно, что разработка архитектуры и программная реализация системы интеграции и анализа кадрового обеспечения в рамках системы высшего образования Гродненской области является актуальной. Ис-

пользование разработанной системы позволит быстро получать необходимую аналитическую информацию, связанную с подготовкой специалистов вузами, а также способствовать выработке соответствующей стратегии управления кадровым потенциалом в целом.

Список литературы

1. What Cloud Computing really means [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.infoworld.com/d/cloud-computing/what-cloud-computing-really-means-031>. – Date of access: 28.04.2012.
2. QuickStudy: Application Programming Interface (API) [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.computerworld.com/s/article/43487/Application_Programming_Interface. – Date of access: 28.04.2012.

This article describes the general approaches to create the staffing system of the higher education institution for the Grodno region. Special attention is paid to the specific areas of implementation identification, subject area investigation, the main advantages of the proposed system description and justification.

Научный руководитель – Л. В. Рудикова, доцент кафедры программного обеспечения интеллектуальных и компьютерных систем, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 517.925.3

Н. В. БУЦКЕВИЧ

КАЧЕСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОДНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Рассмотрена автономная система третьего порядка с полиномиальными правыми частями, которая представляет собой математическую модель генетических цепей. Система исследуется методами качественной теории дифференциальных уравнений [1, с. 174]. Найлены состояния равновесия, дана их классификация и исследована их устойчивость по Ляпунову.

Введение. Рассмотрим систему вида:

$$\begin{cases} \dot{x} = \theta \cdot (\gamma_0 - x - x \cdot y^n), \\ \dot{y} = n \cdot \alpha \cdot (\gamma_0 - x - x \cdot y^n) + \delta \cdot (z - y), \\ \dot{z} = \lambda_1 \cdot x + \gamma_0 \cdot \mu - z, \end{cases} \quad (1)$$

где параметры $n \in N$, $\theta, \gamma_0, \alpha, \delta \in R$ положительны, $\lambda_1 \in R$, $\lambda_1 < 0$, N – множество натуральных чисел, R – множество действительных чисел.

Данная система представляет интерес, так как является математической моделью генетических цепей. Исследуем поведение траекторий системы (1) в ее фазовом пространстве R^3 методами качественной теории дифференциальных уравнений.

Состояния равновесия. Точки равновесия системы (1) найдем из условий:

$$\begin{cases} \gamma_0 - x - x \cdot y^n = 0, \\ z - y = 0, \\ \lambda_1 \cdot x + \gamma_0 \cdot \mu - z = 0. \end{cases}$$

Нахождение и исследование этих точек покоя представляют собой значительные трудности (примеры 1, 2). Пусть $a_0 = \theta\gamma_0$, $a_1 = \theta$, $b = \frac{n\alpha}{\theta}$, $b_1 = \delta$, $b_2 = \lambda_1$, $b_3 = \gamma_0\mu$. Получим следующую систему:

$$\begin{cases} \dot{x} = a_0 - a_1x - a_2x \cdot y^n, \\ \dot{y} = b \cdot (a_0 - a_1x - a_2x \cdot y^n) + b_1 \cdot (z - y), \\ \dot{z} = b_2 \cdot x - z + b_3. \end{cases} \quad (2)$$

Сделаем линейный перенос начала координат, избавимся от свободных членов в правой части системы (2) и, сохранив прежние обозначения, получим систему

$$\begin{cases} \dot{x} = -a_1x - a_2x \cdot y^n, \\ \dot{y} = b \cdot (-a_1x - a_2x \cdot y^n) + b_1 \cdot (z - y), \\ \dot{z} = b_2 \cdot x - z. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда точки покоя системы (3) найдем из условия:

$$\begin{cases} x \cdot (a_1 + a_2 \cdot y^n) = 0, \\ z - y = 0, \\ b_2 \cdot x - z = 0. \end{cases}$$

Отсюда получаем, что система (3) в ее фазовом пространстве R^3 имеет точки покоя, которые определяются из условий:

$$1) \begin{cases} x = 0, \\ y = 0, \\ z = 0, \end{cases} \quad 2) \begin{cases} x = \frac{z}{b_2}, \\ y^n = -\frac{a_1}{a_2}, \\ z = y. \end{cases}$$

Таким образом, справедливы теоремы:

Теорема 1. Если n – нечетное, то система (3) всегда имеет две точки покоя.

Теорема 2. Если n – четное и

а) $-\frac{a_1}{a_2} > 0$, то система (3) всегда имеет три точки покоя;

б) $-\frac{a_1}{a_2} < 0$, то система (3) имеет только одну точку покоя $O(0,0,0)$.

Изучим характер точки покоя $O(0,0,0)$ системы (3). Для этого составим характеристическое уравнение:

$$\begin{vmatrix} -a_1 - \lambda & 0 & 0 \\ -ba_1 & -b_1 - \lambda & b_1 \\ b_2 & 0 & -1 - \lambda \end{vmatrix} = (-a_1 - \lambda) \cdot (-b_1 - \lambda) \cdot (-1 - \lambda) = 0,$$

откуда получим

$$\lambda_1 = -1, \lambda_2 = -a_1, \lambda_3 = -b_1.$$

Таким образом, справедливы следующие утверждения:

Утверждение 1. Если $a_1, b_1 \in R$ и $a_1, b_1 > 0$, то $O(0,0,0)$ – устойчивый трехмерный узел.

Утверждение 2. Если $a_1, b_1 \in R$ и $a_1, b_1 < 0$, то $O(0,0,0)$ – трехмерное седло.

Утверждение 3. Если $a_1, b_1 \in R$ и $a_1 \cdot b_1 < 0$, то $O(0,0,0)$ – трехмерное седло.

Утверждение 4. Если $a_1, b_1 \in C$ и $\operatorname{Re}(a_1) > 0$, $\operatorname{Re}(b_1) > 0$, то $O(0,0,0)$ – устойчивый фокус.

Утверждение 5. Если $a_1, b_1 \in C$ и $\operatorname{Re}(a_1) < 0$, $\operatorname{Re}(b_1) < 0$, то $O(0,0,0)$ – неустойчивый фокус.

Здесь C – множество комплексных чисел, $\operatorname{Re}(a)$ – действительная часть комплексного числа.

Отметим, что при $b_1 = 0$ система (3) имеет первый интеграл $bx - y = c$. Геометрически это означает, что все траектории системы (3) лежат на этих плоскостях, которые параллельны оси Oz .

Пример 1. Система (1) в случае $n = 1$ имеет две точки покоя:

$$A \left(\frac{-1 - \gamma_0 - \sqrt{(\gamma_0 \mu + 1)^2 + 4\gamma_0 \lambda_1}}{2\lambda_1}, \frac{-1 + \gamma_0 - \sqrt{(\gamma_0 \mu + 1)^2 + 4\gamma_0 \lambda_1}}{2\lambda_1}, \frac{-1 + \gamma_0 - \sqrt{(\gamma_0 \mu + 1)^2 + 4\gamma_0 \lambda_1}}{2\lambda_1} \right) \\ B \left(\frac{-1 - \gamma_0 + \sqrt{(\gamma_0 \mu + 1)^2 + 4\gamma_0 \lambda_1}}{2\lambda_1}, \frac{-1 + \gamma_0 + \sqrt{(\gamma_0 \mu + 1)^2 + 4\gamma_0 \lambda_1}}{2\lambda_1}, \frac{-1 + \gamma_0 + \sqrt{(\gamma_0 \mu + 1)^2 + 4\gamma_0 \lambda_1}}{2\lambda_1} \right)$$

Характеристическое уравнение в общем случае для точки (x_0, y_0, z_0) имеет вид:

$$-\theta \delta - \theta \delta \lambda - \theta \lambda - \theta \lambda^2 - \theta y_0 \delta - \theta y_0 \delta \lambda - \theta y_0 \lambda - \theta y_0 \lambda^2 - \lambda n \alpha x_0 - \lambda^2 n \alpha x_0 - \lambda \delta - \lambda^2 \delta - \lambda^2 - \lambda^3 - \theta x_0 \delta \lambda_1 = 0,$$

нахождение решения которого представляет значительные трудности.

Пример 2. Найдем состояния равновесия для частного случая системы (1), когда $\theta = 1$, $\alpha = 0$, $\delta = 1$, $\gamma_0 = 2$, $\mu = 2$, $\lambda_1 = -3$, $n = 1$, то есть для системы:

$$\begin{cases} \dot{x} = 2 - x - x \cdot y, \\ \dot{y} = z - y, \\ \dot{z} = -3 \cdot x + 4 - z, \end{cases} \quad (4)$$

Система (4) имеет две точки покоя: $A \left(\frac{2}{3}, 2, 2 \right)$, $B(1,1,1)$.

Составим характеристическое уравнение для точки A :

$$(-3-\beta) \cdot (-1-\beta)^2 - 2 = 0,$$

для которого характеристические корни имеют следующий вид:

$$\beta_1 = -\frac{\sqrt[3]{35+3\sqrt{129}}}{3} - \frac{4}{3\sqrt[3]{35+3\sqrt{129}}} - \frac{5}{3},$$

$$\beta_{2,3} = \frac{\sqrt[3]{35+3\sqrt{129}}}{6} + \frac{2}{\sqrt[3]{35+3\sqrt{129}}} - \frac{5}{3} \pm \frac{1}{2} i\sqrt{3} \left(-\frac{\sqrt[3]{35+3\sqrt{129}}}{3} + \frac{4}{3\sqrt[3]{35+3\sqrt{129}}} \right).$$

Составим характеристическое уравнение для точки B :

$$(-2-\beta) \cdot (-1-\beta)^2 + 3 = 0,$$

для которого характеристические корни имеют следующий вид:

$$\beta_1 = \frac{\sqrt[3]{316+36\sqrt{77}}}{6} + \frac{2}{3\sqrt[3]{316+36\sqrt{77}}} - \frac{4}{3},$$

$$\beta_{2,3} = -\frac{\sqrt[3]{316+36\sqrt{77}}}{12} - \frac{1}{3\sqrt[3]{316+36\sqrt{77}}} - \frac{4}{3} \pm \frac{1}{2} i\sqrt{3} \left(\frac{\sqrt[3]{316+36\sqrt{77}}}{6} - \frac{2}{3\sqrt[3]{316+36\sqrt{77}}} \right).$$

Отсюда видно, что состояние равновесия A системы (4) является трехмерным устойчивым фокусом, а состояние равновесия B – трехмерным неустойчивым фокусом.

Список литературы

1. Баутин, Н. Н. Методы и приёмы качественного исследования динамических систем на плоскости / Н. Н. Баутин, Е. А. Леонтович. – 2-е изд. – М.: Наука, 1990. – 488 с.

In this paper we consider an autonomous third-order polynomial right hand sides, which is a mathematical model of genetic circuits. The system is investigated by methods of qualitative theory of differential equations. The states of equilibrium are found, their classification is given and their stability is investigational on Lyapunov.

Научный руководитель – В. И. Булгаков, доцент кафедры высшей математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 517.5

Е. В. ДИРВУК

ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ В НУЛЯХ ДРОБЕЙ ЧЕБЫШЕВА – МАРКОВА И КВАДРАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ

Рассмотрены рациональные интерполяционные функции Лагранжа на отрезке $[-1,1]$ с узлами в нулях синус-дроби Чебышева – Маркова и одной заранее фиксированной точке -1 или 1 . На основании полученных функций Лагранжа построены квадратурные формулы.

Введение. Различные обобщения квадратурных формул типа Гаусса являются предметом исследования многих авторов. В настоящее время особый интерес представляет построение подобных формул на основании интерполяционных рациональных функций [1, 2]. Множество действительных чисел и комплексных чисел, как принято, будем обозначать через R и C , соответственно.

Результаты и их обсуждение. Пусть $\{a_k\}_{k=1}^{+\infty}$ – произвольная последовательность чисел, удовлетворяющая условиям: 1) если $a_k \in R$, то $|a_k| < 1$; 2) если $a_k \in C$, то среди указанных чисел есть такое число a_l , что $a_l = \overline{a_k}$; 3) $a_1 = 0$.

Введем следующие обозначения:

$$\mu_n(x) = \sum_{k=1}^n \arccos \frac{x+a_k}{1+a_k x},$$

где

$$\mu_{n'}(x) = -\frac{\lambda_n(x)}{\sqrt{1-x^2}}, \quad \lambda_n(x) = \sum_{k=1}^n \frac{\sqrt{1-a_k^2}}{1+a_k x}.$$

Пусть $x_k, k=1, \dots, n-1$ – нули синус-дроби Чебышева-Маркова $N_n(x)$,

$$N_n(x) = \frac{\sin \mu_n(x)}{\sqrt{1-x^2}}, \quad x \in [-1; 1].$$

Обозначим $x_0 = -1, x_n = 1$.

Для произвольной функции $f \in C[-1; 1]$ рассмотрим интерполяционный многочлен Лагранжа с узлами в нулях $x_k, k=1, \dots, n$

$$L_n^{(1)}(x, f) = \frac{f(1)N_n(x)}{\lambda_n(1)} + \sum_{k=1}^{n-1} (-1)^{k+1} f(x_k) \frac{(1+x_k)(1-x)N_n(x)}{\lambda_n(x_k)(x-x_k)}. \quad (1)$$

Полагая $f(x) \approx L_n^{(1)}(x, f)$, построим квадратурную формулу

$$\int_{-1}^1 f(x) \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} dx \approx \int_{-1}^1 L_n^{(1)}(x, f) \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} dx.$$

Теорема 1. Для произвольной функции $f \in C[-1; 1]$ справедлива следующая квадратурная формула

$$\int_{-1}^1 f(x) \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} dx \approx \frac{(-1)^n f(1)}{\lambda_n(1)} \pi + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{f(x_k)(1+x_k)}{\lambda_n(x_k)} \pi.$$

Доказательство. Используя (1) несложно получить

$$\int_{-1}^1 L_n^{(1)}(x, f) \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} dx = \frac{f(1)}{\lambda_n(1)} I_n + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{(-1)^{k+1} f(x_k)(1+x_k)}{\lambda_n(x_k)} I_k,$$

где

$$I_n = \int_{-1}^1 \frac{\sin \mu_n(x)}{1-x} dx, \quad I_k = \int_{-1}^1 \frac{\sin \mu_n(x)}{x-x_k} dx.$$

Рассмотрим интегралы I_k

$$I_k = \int_{-1}^1 \frac{\sin \mu_n(x)}{x-x_k} dx, \quad k=1, \dots, n-1.$$

Сделаем замену $x = (1-y^2)/(1+y^2)$

Известно, что

$$\sin \mu_n \left(\frac{1-y^2}{1+y^2} \right) = \sin \Phi_n(y) -$$

синус-дробь Бернштейна с нулями в точках $\pm y_k, y_k = \sqrt{(1-x_k)/(1+x_k)}, k=1, \dots, n-1$.

Тогда получим

$$I_k = -(1+y_k^2) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \Phi_n(x)}{y^2 - y_k^2} \frac{y}{1+y^2} dy.$$

Для нахождения интеграла $J_k(z)$ воспользуемся методом, предложенным в [3, с. 92]. Рассмотрим вспомогательный интеграл

$$J_k(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin \Phi_n(x)}{y^2 - z^2} \frac{y}{1+y^2} dy,$$

а затем интеграл I_k найдем с помощью предельного перехода

$$I_k = -(1+y_k^2) \lim_{z \rightarrow y_k, \operatorname{Im} z > 0} J_k(z).$$

Из [3, с. 48] следует, что

$$\sin \Phi_n(y) = \frac{1}{2i} \left(\prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-\bar{z}_j} - \prod_{j=1}^n \frac{y-\bar{z}_j}{y-z_j} \right)$$

где точки z_k являются корнями уравнения $y^2 + \frac{1+a_k}{1-a_k} = 0$.

Поэтому

$$J_k(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2i} \left(\prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-z_j} - \prod_{j=1}^n \frac{y-\bar{z}_j}{y-z_j} \right) \frac{1}{y^2-z^2} \frac{y}{1+y^2} dy. \tag{2}$$

Отсюда интеграл $J_k(z)$ можно представить в виде суммы

$$J_k(z) = \frac{1}{2i} (J'_k(z) - J''_k(z)),$$

где

$$J'_k(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-z_j} \frac{1}{y^2-z^2} \frac{y}{1+y^2} dy, \quad J''_k(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{j=1}^n \frac{y-\bar{z}_j}{y-z_j} \frac{1}{y^2-z^2} \frac{y}{1+y^2} dy.$$

Подынтегральная функция $J'_k(z)$ в верхней полуплоскости имеет полюсы в $y = z$, $y = i$. Поэтому

$$\begin{aligned} J'_k(z) &= 2\pi i \operatorname{res}_{y=z} \prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-z_j} \frac{1}{y^2-z^2} \frac{y}{1+y^2} + 2\pi i \operatorname{res}_{y=i} \prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-z_j} \frac{1}{y^2-z^2} \frac{y}{1+y^2} = \\ &= 2\pi i \lim_{y \rightarrow z} \prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-z_j} \frac{1}{y+z} \frac{y}{1+y^2} + 2\pi i \lim_{y \rightarrow i} \prod_{j=1}^n \frac{y-z_j}{y-z_j} \frac{1}{y^2-z^2} \frac{y}{y+i} = \\ &= \frac{\pi i}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{z-z_j}{z-z_j} - \frac{\pi i}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{i-z_j}{i-z_j}. \end{aligned}$$

Аналогичный результат получим для $J''_k(z)$

$$J''_k(z) = -\frac{\pi i}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{z+z_j}{z+z_j}.$$

Подставим полученные выражения $J'_k(z)$ и $J''_k(z)$ в (2) и, учитывая

$$\prod_{j=1}^n \frac{z-z_j}{z-z_j} = \prod_{j=1}^n \frac{z+z_j}{z+z_j},$$

будем иметь

$$J_k(z) = \frac{1}{2i} \left(\frac{\pi i}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{z-z_j}{z-z_j} + \frac{\pi i}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{z+z_j}{z+z_j} \right) = \frac{\pi}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{z-z_j}{z-z_j}.$$

Возвращаясь к вычислению интеграла I_k , получим

$$I_k = -(1+y_k^2) \frac{\pi}{1+z^2} \prod_{j=1}^n \frac{y_k - z_j}{y_k - \bar{z}_j} = (-1)^{k+1} \pi.$$

Таким же образом найдем интеграл I_n

$$I_n = (-1)^n \pi.$$

Поэтому квадратурная формула примет вид

$$\int_{-1}^1 f(x) \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} dx \approx \frac{(-1)^n f(1)}{\lambda_n(1)} \pi + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{f(x_k)(1+x_k)}{\lambda_n(x_k)} \pi.$$

Аналогичный результат получен для узлов x_k , $k = 0, \dots, n-1$.

Теорема 2. Для произвольной функции $f \in C[-1;1]$ справедлива следующая квадратурная формула

$$\int_{-1}^1 f(x) \sqrt{\frac{1-x}{1+x}} dx \approx \pi \frac{(-1)^{n+1} f(-1)}{\lambda_n(-1)} + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{f(x_k)(1-x_k)}{\lambda_n(x_k)} \pi.$$

Заключение. В данной работе рассмотрены рациональные интерполяционные функции Лагранжа на отрезке $[-1,1]$ с узлами в нулях синус-дроби Чебышева – Маркова и одной заранее фиксированной точке -1 или 1 . На основании полученных функций Лагранжа построены квадратурные формулы.

Список литературы

1. Ровба, Е. А. Рациональное интерполирование в нулях синус-дроби Чебышева – Маркова / Е. А. Ровба, К. А. Смотрицкий // Доклады НАН Беларуси. – 2008. – Т. 52, № 5. – С. 11 – 15.

2. Ровба, Е. А. Квадратурные формулы интерполяционно-рационального типа / Е. А. Ровба // Доклады НАН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 3. – С. 42 – 46.
3. Русак, В. Н. Рациональные функции как аппарат приближения / В. Н. Русак. – Минск: Изд-во БГУ, 1979. – 176 с.

The rational interpolating process with nodes in the zeros of Chebyshev – Markov sine-fractures is considered. The interpolating Lagrange function is obtained in this case. Using the Lagrange function new quadrature formulas are obtained.

Научный руководитель – К. А. Смотрицкий, доцент кафедры теории функций, функционального анализа и прикладной математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 004.91+347.78.031

Е. В. ЖАВНЕРКО, А. Т. БАРАНОВСКИЙ

О РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ РАЗЛИЧНОГО РОДА НАУЧНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Излагаются общие подходы для создания Интернет-портала, который поддерживает научные, коммуникационные и организационные взаимодействия. Рассматривается его модульная структура, а также достоинства и недостатки такой структуры. Описана возможная функциональность разрабатываемого Интернет-портала.

Введение. В настоящее время под влиянием интенсивного внедрения новых информационно-коммуникационных технологий и стремительного развития Интернет-технологий система взаимодействия между людьми радикально меняет свою структуру. Появляются новые виды и формы, формируется он-лайн-пространство различных видов взаимодействия. Все это способствовало созданию и предоставлению пользователям различных сервисов, работающих в рамках одного веб-сайта, или Интернет-портала, который предназначен для поддержки различных видов научных коммуникаций.

Заметим, что Интернет-портал – это особый вид сайта, предоставляющий пользователю различные интерактивные сервисы, такие, как почта, поиск, погода, форумы, обсуждения, голосования и другие. В контексте разрабатываемого Интернет-портала, кроме перечисленных выше сервисов, пользователям должны быть доступны также следующие возможности:

- сервисы для организации и проведения различных видов конференций (научные, образовательные и др.);
- новости из различных областей знаний;
- онлайн-общение;
- социальная сеть;
- календари;
- хранение и редактирование материалов, возможность обмена ими и т.п.

Естественно, что в предлагаемой системе предусмотрена возможность одновременной работы со всеми сервисами, доступными пользователю. Таким образом, конечный пользователь Интернет-портала получает возможность выбора именно тех служб, которые ему необходимы.

В основу разрабатываемого портала положена модульная структура, что в дальнейшем позволит наращивать функционал системы, используя различные дополнения (модули). Преимущества таких дополнений очевидны: они имеют общую платформу, что позволяет организовать взаимодействие модулей между собой, в случае сбоя работы одного модуля, вся система продолжает функционировать, легко организовать необходимые коммуникации [1].

Изначально при работе с Интернет-порталом, пользователям доступен стандартный набор Интернет-приложений (модулей), которые, в свою очередь, поддерживают основные возможности портала. Это – организация и проведение конференций, электронная почта, чат, хранение материалов, поиск, форум, новости, календари. В дальнейшем предполагается расширить функционал портала и добавить модули специфического назначения.

Основные модули системы.

Организация и проведение конференций.

Данный модуль поддерживает процесс организации конференций и будет расширен до единой системы управления научными и образовательными конференциями. Модуль поддерживает все необходимые функции: создание конференции, регистрация участников, получение и обработка материалов, анализ результатов проведения конференции и т.д. [2].

Остановимся подробнее на основных функциях указанного модуля.

Создание конференции и регистрация участников. Процесс создания и проведения конференции представляется достаточно сложным, так как необходимо учесть много различных аспектов. Отметим здесь основные из них:

После подготовки необходимых материалов, опубликования информации о проведении конференции, потенциальные участники уведомляются об этом посредством электронной почты. После этого момента начинается этап регистрации.

Для удобства организаторы предоставляют участникам возможность зарегистрироваться на конференцию заранее. Обычно эта возможность представляется либо в виде сайта в Интернете, либо в виде некоторого другого электронного ресурса.

Формирование очередности выступления участников, разбиение по секциям.

Открытие конференции.

Заслушивание докладов, обсуждение. Обычно заслушивание и обсуждение проходит по секциям.

Подведение итогов конференции и публикация сборников научных статей.

Получение и обработка материалов. Данная функция подразумевает под собой сбор статей от участников конференции посредством электронной почты. Полученные материалы обрабатываются, проверяются и отбираются для публикации в сборнике. Так как по требованиям, которые предъявляют организаторы конференции участникам, статьи должны быть оформлены по единому шаблону. В данном модуле предусмотрен онлайн-редактор, по которому участники могут оформить статьи без особых трудностей. Кроме того, после отправки документа организаторам, документ проходит проверку правильности оформления, сверяясь с шаблоном, параметры которого устанавливаются организаторами. Вне зависимости от результата проверки отправитель получит уведомление по электронной почте. Здесь можно наблюдать интеграцию данного модуля с модулями хранения и обработки документов и системой обмена информацией.

Анализ результатов проведения конференции. На основании полученных данных, в системе можно получить различные виды отчетов, начиная от простого списка участников и заканчивая графиками и диаграммами, например, о востребованности той или иной секции на конференции за некоторое время. Эта функция доступна для организаторов, но, при желании, полученные результаты можно будет предоставить и пользователям, разослав их либо по электронной почте, либо просто поместив на страницу сайта. Данная функция также интегрируется с модулем хранения и обработки документов.

Информационная система.

Информационная система поддерживает новостную сторону, связанную с проведением различных конференций и форумов научной тематики. Отметим, что новостные статьи имеют исключительно ту тематику, которую выбрал для себя пользователь. Статьи собираются путем «сканирования» сети Интернета, обрабатываются и предоставляются пользователю. Для каждой статьи предусмотрена возможность обсуждения пользователями портала. В случае необходимости, пользователь может выполнить поиск по ключевым словам, отфильтровать статьи. Имеется возможность делиться информацией с другими пользователями, путем добавления отдельной статьи. На данном этапе можно проследить некоторое взаимодействие модулей информационной системы с системой обмена информацией.

Система обмена информацией.

В систему обмена информацией включается электронная почта, чат, форум и, при необходимости, онлайн-проведение конференций. В системе реализовано два типа чата:

Чат между двумя пользователями – стандартный способ общения, при котором только два пользователя обмениваются сообщениями между собой.

Чат группы пользователей – сообщениями обмениваются три или более пользователей, право на добавление новых собеседников имеется у любого участника чата.

Форум представляет собой класс веб-приложений для организации общения посетителей веб-сайта. Форум предлагает набор разделов для обсуждения. Работа форума заключается в создании пользователями тем в разделах и последующим обсуждением внутри этих тем.

Электронная почта. Служба электронной почты предназначена для обеспечения возможности обмена персональными сообщениями между пользователями [3].

В настоящее время все указанные выше сервисы активно внедряются в повседневную жизнь. Все больше и больше пользователей используют их ежедневно, в силу чего трудностей работы с предлагаемой системой обмена информацией в рамках разрабатываемого Интернет-портала, как правило, не возникнет.

Центр поддержки пользователей.

Центр поддержки пользователей обеспечивает: возможность двухстороннего общения с пользователями приложений портала, анализ пользовательских предпочтений, исправление проявившихся ошибок или недостоверностей. Предлагаемый модуль организован в достаточно простой для восприятия и использования форме. Воспользовавшись центром поддержки, пользователь может отправить на рассмотрение свой вопрос, замечание или предложение. После этого ответственные за определенные типы обращений люди принимаются за решение возникших вопросов.

Хранение и работа с документами.

Сервис, представляющий собой оболочку для работы с определенными типами документов в режиме онлайн. Данный вид сервисов активно развивается в настоящее время, так как это дает возможность работать с документами в любом месте, где есть возможность выхода в Интернет. Здесь также наблюдается интеграция с модулем конференции.

Дополнительные модули.

В качестве дополнительных модулей могут выступать своеобразные календари, электронные записные книжки, виртуальные библиотеки, веб-альбомы, он-лайн-игры и др.

Для дальнейшего развития системы планируется создать мобильное приложение под различные мобильные платформы, которое будет синхронизироваться с аккаунтом в основной системе. За счет этого работать с системой будет еще удобнее и, безусловно, это будет являться положительным аспектом для пользователей, учитывая интенсивное развитие мобильных технологий.

На рисунке 1 представлена схема основных модулей для разрабатываемого Интернет-портала.

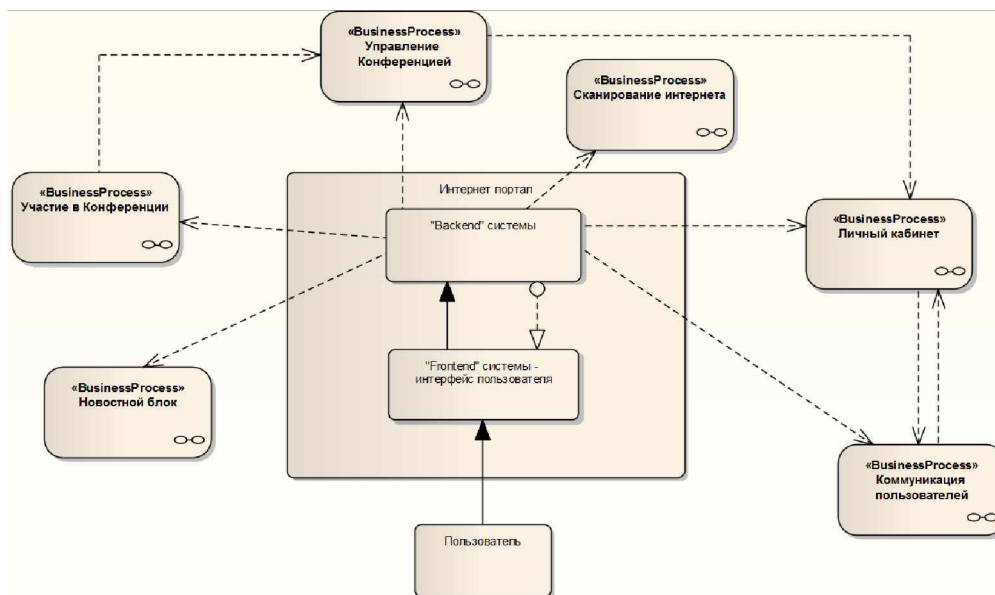


Рисунок 1 – Схема модулей Интернет-портала

Выводы. Проанализировав структуру и описанный выше функционал разрабатываемого Интернет-портала, можно сделать вывод о том, что предлагаемая система является универсальной. Это обеспечивается модульной структурой, позволяющей добавлять различный функционал, широким набором различных сервисов. Возможность получать различные виды отчетов по процессу организации и проведения конференций и простота работы с системой дает пользователю гибкую настройку рабочего пространства и всей необходимой ему функциональности. Система призвана упростить процесс организации конференции, так как большинство функций, которые раньше производились вручную, теперь могут быть полностью автоматизированы, что, безусловно, экономит время.

Список литературы

1. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений / М. Фаулер. – М.: Вильямс, 2007. – 544 с.
2. Организация научной конференции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arendazala.by/news.asp?id=1265>. – Дата доступа: 15.04.2012.
3. Электронная почта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cdo.bseu.by/library/ibs1/applic_1/e_mail/e_mail.htm. – Дата доступа: 01.04.2012.

Sets out the general approach for creating an Internet portal, which supports research, communication and organizational interaction. We consider its modular structure, as well as the advantages and disadvantages of such a structure. We describe the possible functionality of the developed Internet portal.

Научный руководитель – Л. В. Рудикова, доцент кафедры программного обеспечения интеллектуальных и компьютерных систем, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 003.26

Т. В. КУРЦОВА

КРИПТОГРАФИЯ НА ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Статья посвящена основным вопросам, касающимся криптографии на эллиптических кривых. Рассматриваются причины обострившегося в последнее время интереса к эллиптическим кривым и криптографии на эллиптических кривых, основные понятия об эллиптических кривых, алгоритмы шифрования и электронно-цифровой подписи на основе эллиптических кривых и алгоритмы решения проблем их реализации.

Введение. С зарождением человеческой цивилизации возникла необходимость передачи информации одним людям так, чтобы она не становилась известной другим. Сначала использовали для передачи сообщений исключительно голос и жесты. С возникновением письменности задача обеспечения секретности и подлинности передаваемых сообщений стала особенно актуальной. Поэтому именно после возникновения письменности появилось искусство тайнописи, искусство «тайно писать» – набор методов, предназначенных для секретной передачи записанных сообщений от одного человека другому. За свою историю человечество изобрело широкий спектр способов секретного письма.

Криптография возникла именно как практическая дисциплина, изучающая и разрабатывающая способы шифрования сообщений, то есть при передаче сообщений – не скрывать сам факт передачи, а сделать сообщение недоступным посторонним. Для этого сообщение должно быть записано так, чтобы с его содержимым не мог ознакомиться никто за исключением самих корреспондентов.

Появление в середине XX столетия первых ЭВМ кардинально изменило ситуацию – практическая криптография сделала в своем развитии огромный скачок и термин «криптография» далеко ушел от своего первоначального значения – «тайнопись», «тайное письмо». Сегодня эта дисциплина объединяет методы защиты информационных взаимодействий совершенно различного характера, опирающиеся на преобразование данных по секретным алгоритмам, включая алгоритмы, использующие секретные параметры. Термин «информационное взаимодействие» или «процесс информационного взаимодействия» здесь обозначает такой процесс взаимодействия двух и более субъектов, основным содержанием которого является передача и/или обработка информации. Базовых методов преобразования информации, которыми располагает современная криптография немного, но все они являются «кирпичиками» для создания прикладных систем.

На сегодняшний день криптографические методы применяются для идентификации и аутентификации пользователей, защиты каналов передачи данных от навязывания ложных данных, защиты электронных документов от копирования и подделки.

В большинстве современных продуктов и стандартов криптографии применяются методы с открытым ключом, основанные на проблеме факторизации больших чисел (RSA) и дискретного логарифмирования (Эль-Гамаль). Однако для их надежной защищенности число битов ключа в последние годы резко возросло, что обусловило рост нагрузки на вычислительные системы. Как следствие, появилась необходимость в новых системах шифрования.

Одним из наиболее перспективных классов криптосистем, обладающих высоким быстродействием и достаточно надежной криптозащищенностью, являются криптосистемы на эллиптических кривых.

Криптография на эллиптических кривых. Эллиптическая криптография — раздел криптографии, который изучает асимметричные криптосистемы, основанные на эллиптических кривых над конечными полями. Основное преимущество эллиптической криптографии заключается в том, что на сегодняшний день неизвестно субэкспоненциальных алгоритмов для решения задачи дискретного логарифмирования в группах точек эллиптических кривых.

Эллиптической кривой E над полем F называется гладкая кривая, задаваемая уравнением:

$$Y^2 + a_1XY + a_3Y = X^3 + a_2X^2 + a_4X + a_6 \quad (1)$$

Исаак Ньютон доказал [1, с. 84], что над полем действительных чисел уравнение (1) любой эллиптической кривой можно преобразовать к виду

$$Y^2 = X^3 + aX^2 + b \quad (2)$$

На множестве $E(F)$, состоящем из точек эллиптической кривой (1) и еще одного элемента – бесконечно удаленной точки кривой, можно определить операцию, обладающую свойствами операции абелевой группы. Принято получаемую при этом группу рассматривать, как аддитивную группу, а операцию называть операцией сложения и обозначать, как обычно, знаком плюс. Упомянутая выше дополнительная точка выполняет роль нейтрального элемента этой группы и обозначается символом O .

По определению, полагаем для любой точки $(x, y) \in E(F)$

$$(x, y) + O = O + (x, y) = (x, y), \quad O + O = O.$$

В остальных случаях для (1) суммой точек (x_1, y_1) и (x_2, y_2) называется точка (x, y) , координаты которой определяются следующим образом [2, с. 12]:

$$\lambda = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad \gamma = \lambda^2,$$

$$\begin{cases} x = \gamma - x_1 - x_2, \\ y = -y_1 + \lambda(x_1 - x). \end{cases}$$

Важную роль играет удвоение точки, то есть сумма $(x, y) = (x_1, y_1) + (x_1, y_1)$. Здесь

$$\begin{cases} x = \left(\frac{3x_1^2 + a}{2y_1} \right)^2 - 2x_1, \\ y = -y_1 + \frac{3x_1^2 + a}{2y_1}(x_1 - x). \end{cases}$$

На основе арифметики на эллиптических кривых могут быть построены аналоги известных криптоалгоритмов. Например, алгоритмов Диффи – Хелмана, DSA и т.д. Примером использования криптографии на эллиптических кривых на практике может служить ГОСТ Р 34.10-2001 – российский стандарт электронно-цифровой подписи. В 2010 году он официально стал частью стандарта ISO/IEC 14888-3:2006/Amd 1:2010.

Реализация любой криптографической системы на эллиптических кривых требует преодоления ряда возникающих при этом сложностей. К ним относятся следующие проблемные аспекты:

1. Выбор эллиптической кривой.
2. Подсчет количества точек на эллиптической кривой.
3. Нахождение точки из поля на выбранной эллиптической кривой.
4. Вычисление произведения точки эллиптической кривой на число.
5. Нахождение обратного элемента в поле.
6. Проблема, как с помощью точек эллиптической кривой зашифровать сообщение.

Для решения ланных проблем могут использоваться следующие методы.

1. Выбор эллиптической кривой лучше всего производить в соответствии со стандартом ANSI X9.62 или воспользоваться предложенными NIST эллиптическими кривыми.

2. Для вычисления количества точек на эллиптической кривой можно воспользоваться символом Лежандра [3, с. 2]. Данный вариант является универсальным. Однако он основан на полном переборе элементов поля, поэтому не может быть использован на практике. На данный момент времени не существует универсальных алгоритмов подсчета количества точек на эллиптических кривых, не использующих полный перебор элементов поля. Однако существует универсальное соотношение Хассе, которое послужило основой создания множества современных алгоритмов подсчета количества точек эллиптической кривой. Одним из базовых алгоритмов над полями простой характеристики является алгоритм Сховфа, основанный на соотношении Хассе [4, с. 117].

3. Нахождение точки на эллиптической кривой над конечным полем сводится к поиску корня элемента конечного поля. Для ускорения данной процедуры можно воспользоваться предварительной проверкой является ли элемент квадратичным вычетом. Данную проверку можно сделать с помощью критерия Эйлера. Если элемент поля является квадратичным вычетом, то с помощью алгоритма Шенкса можно найти корень данного элемента [5, с. 31].

4. На сложности вычисления произведения точки эллиптической кривой на число основана сложность алгоритмов на эллиптической кривой. Поэтому одним из важных вопросов является уменьшение времени вычисления данного значения. Уменьшить время вычисления данного значения можно воспользовавшись операцией удвоения точек вместо некоторого числа сложений. Например, надо умножить точку P на 15. Тогда вместо операции удвоения и 13 операций сложения можно сделать 4 операции удвоения и получить $16P$, одну операцию вычитания и получить $15P$ [4, с. 111]. Идея замены операции сложения на удвоения лежит в основе множества алгоритмов вычисления m -кратного произведения.

5. Для нахождения обратного элемента поля можно воспользоваться расширенным алгоритмом Евклида и соотношением Безу.

Заключение. В статье изучены основные понятия об эллиптических кривых, алгоритмы шифрования и электронно-цифровой подписи на эллиптических кривых, также алгоритмы решения сложных вопросов при реализации данных алгоритмов над полями большой характеристики и составлена программная реализация данных алгоритмов.

Список литературы

1. Болотов, А. А. Элементарное введение в эллиптическую криптографию: Алгебраические и алгоритмические основы / А. А. Болотов, С. Б. Гашков, А. Б. Фролов, А. А. Часовских. – М.: КомКнига, 2006. – 328 с.
2. Болотов, А. А. Элементарное введение в эллиптическую криптографию: Протоколы криптографии на эллиптических кривых / А. А. Болотов, С. Б. Гашков, А. Б. Фролов. – М.: КомКнига, 2006. – 268 с.
3. Золотых, Н. Квадратичные вычеты и невычеты. Лекция № 2 / Н. Золотых [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uic.unn.ru/~zny/compalg/Lectures/ca_02_quadraticresidue.pdf. – Дата доступа: 16.04.2012.
4. Рябко, Б. Криптографические методы защиты информации: Учебное пособие для вузов / Б. Рябко, А. Фионов – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 229 с.
5. Золотых, Н. Извлечение квадратного корня в поле вычетов. Лекция № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uic.unn.ru/~zny/compalg/Lectures/ca_04_Shanks.pdf. – Дата доступа: 16.04.2012.

The article concerns the main issues of the cryptography elliptic curve. The article studies the reasons of the interest to elliptic curves and cryptography elliptic curve, main concepts of elliptic curves, coding algorithms and electronic digital signature on the basis of elliptic curves and algorithms of problems of their implementation resolving.

Научный руководитель – В. А. Липинский, профессор кафедры системного программирования и компьютерной безопасности, доктор технических наук, профессор.

УДК 378.4

Т. В. ЛАЗАРЕВА

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ

Рассматриваются основные формы, виды и компоненты теоретического мышления. Анализируются способности и умения, которые характерны для ученика, владеющего теоретическим мышлением. Представлены содержательно-структурная и процессуально-функциональная модели формирования теоретического мышления учащихся в процессе изучения математики.

Теоретическое мышление – это мышление человека, оперирующего понятиями, содержащими в себе теоретические знания, и в своих выводах порождающего аналогичные знания [1]. Задача формирования теоретического мышления обучающего является одним из главных в преподавании математики и состоит в том, чтобы учащиеся освоили две основные формы его проявления – аналитическую и синтетическую [2]. Эти формы мышления в процессе решения учебно-познавательных задач находятся в единстве. Вопрос методики формирования теоретического мышления учащихся в теории обучения остается проблемным.

На основе выявленных в литературе определений (В.В. Давыдов, А.С. Арсеньев, Б.Л. Кедров) данному феномену, нами выделены характеристические особенности теоретического мышления и на их основе определены способности и умения, которые характерны для ученика, владеющего теоретическим мышлением [2– 4]. Также сформулированы учебные действия, направленные на формирование этих умений.

Умение узнавать математический объект – действия на узнавание математических объектов, включая термины, обозначения, формулы в предъявленных источниках информации (текст учебника, дидактический материал, рисунки, графики, чертежи).

Умение определять базовые понятия (ближайший род), через которые вводятся новые понятия – действия на распознавание базовых понятий, через которые вводятся новые понятия.

Умение выделять основные характерные свойства (присваиваемые данному объекту) – действия на различение понятий (объектов изучения).

Умение воспроизводить учебный материал на уровне памяти – действия по воспроизведению учебного материала (объектов изучения) на уровне памяти.

Умение воспроизводить учебный материал на уровне понимания – действия по воспроизведению учебного материала (объектов изучения) на уровне понимания; описание и анализ действий с объектами изучения.

Умения применять теоретическое знание на практике – действия по применению знаний в знакомой ситуации по образцу; объяснение сущности объектов изучения; выполнение действий с четко обозначенными правилами; применение.

Процессуально-функциональная модель включает: основные этапы и характеристику учебных задач, решаемых на каждом этапе; методы и средства формирования теоретического мышления.

Этап 1. Когнитивный. Основная характеристическая категория – **знание**.

Эта категория обозначает запоминание и воспроизведение изученного теоретического материала. Речь может идти о различных видах содержания – от конкретных фактов до целостных теорий. Общая черта этой категории – припоминание соответствующих сведений.

Результат: ученик запоминает и воспроизводит употребляемые термины, знает содержание понятия, знает объем понятия, воспроизводит определение понятия, воспроизводит характеристические свойства понятия, различает изучаемое понятие среди множества ему родственных.

Этап 2. Экзистенциальный. Основная характеристическая категория – **понимание**. Показателем способности понимать значение изученного может служить преобразование (трансляция) материала из одной формы выражения в другую – его «перевод» с одного «языка» на другой (например, из словесной формы в математическую). В качестве показателя понимания может также выступать интерпретация материала учеником (объяснение, краткое изложение) или же предположение о дальнейшем ходе явлений, событий (предсказание последствий, результатов).

Результат: ученик понимает определение понятия и его характеристические свойства, понимает содержание понятия, понимает объем понятия, преобразует словесный материал в математические выражения. Такие учебные результаты превосходят простое учебное запоминание материала.

Этап 3. Праксиологический. Основная характеристическая категория – **применение**. Эта категория обозначает умение использовать изученный материал в конкретных условиях и в новых ситуациях. Сюда входит применение определения понятия и его характеристических свойств.

Результат: соответствующие результаты обучения требуют более высокого уровня владения материалом, чем понимание. Ученик применяет математическое понятие в конкретных практических ситуациях разного уровня сложности, демонстрирует правильное понимание и использование характеристических свойств математического понятия при конструировании новых способов деятельности в незнакомой ситуации.

Этап 4. Аналитический. Основная характеристическая категория – **анализ и синтез**. Эта категория обозначает умение разбить материал на составляющие части так, чтобы ясно выступала его структура. Сюда относятся вычленение частей целого, выявление взаимосвязей между ними, осознание принципов организации целого.

Результат: учебные результаты характеризуются более высоким познавательным уровнем, чем понимание и применение, требуют осознания как содержания учебного материала, так его внутреннего строения. Ученик выделяет скрытые (неявные) предположения, видит ошибки и упущения в логике рассуждений, оценивает значимость понятия.

Рассмотрим функционирование разработанной модели на примере введения математического понятия (таблица 1).

Таблица 1 – Процессуально-функциональная модель формирования теоретического мышления на примере введения математического понятия.

Основные этапы и учебные задачи, решаемые на каждом этапе	Учебные действия, адекватные учебным задачам	Умения, характеризующие сформированность учебных действий
1. Знание Эта категория обозначает запоминание и воспроизведение изученного теоретического материала. Речь может идти о различных видах содержания – от конкретных фактов до целостных теорий. Общая черта этой категории – припоминание соответствующих сведений.	действия по раскрытию структуры определения математического понятия; действие на узнавание и распознавание; действие на различение понятий.	- умение распознавать математическое понятие, включая термины, обозначения, формулы в предъявляемых источниках информации; - умение различать, узнавать, опознавать определения, свойства и признаки математических понятий.
	действия по воспроизведению определения понятия и его характеристических свойств на уровне памяти.	- умение воспроизводить определение понятия и его характеристические свойства; - умение использовать характеристические свойства изучаемого понятия на первом и втором уровнях усвоения учебного материала.

Продолжение таблицы 1		
<p>2. Понимание Показателем способности понимать значение изученного может служить преобразование (трансляция) материала из одной формы выражения в другую – его «перевод» с одного «языка» на другой (например, из словесной формы в математическую). В качестве показателя понимания может также выступать интерпретация материала учеником (объяснение, краткое изложение) или же предположение о дальнейшем ходе явлений, событий (предсказание последствий, результатов).</p>	<p>- действия по воспроизведению определения понятия и его характеристических свойств на уровне понимания; - объяснение сущности математического понятия; - описание и анализ действий с математическим понятием.</p>	<p>- умение самостоятельно воспроизводить в полном объеме определение понятия и его характеристические свойства; - умение объяснять отдельные элементы определения понятия и его характеристических свойств.</p>
<p>3. Применение Эта категория обозначает умение использовать изученный материал в конкретных условиях и в новых ситуациях. Сюда входит применение определения понятия и его характеристических свойств. Соответствующие результаты обучения требуют более высокого уровня владения материалом, чем понимание.</p>	<p>- использование сущности математического понятия для решения задач; - действия по применению знания определения понятия и его характеристических свойств при решении задач.</p>	<p>- умение оперировать понятием; - умение правильно применять понятие в знакомой ситуации по образцу путем выполнения устных, письменных упражнений и практических задач.</p>
<p>4. Анализ и синтез Эта категория обозначает умение разбить материал на составляющие части так, чтобы ясно выступала его структура. Сюда относятся вычленение частей целого, выявление взаимосвязей между ними, осознание принципов организации целого. Учебные результаты характеризуются более высоким познавательным уровнем, чем понимание и применение, требуют осознания как содержания учебного материала, так его внутреннего строения.</p>	<p>- действия по применению характеристических свойств понятия, проявляющихся в неявной форме; - самостоятельные действия по описанию, объяснению понятия и его характеристических свойств.</p>	<p>- умение развернуто описывать и объяснять понятие и его характеристические свойства; - умение распознавать неявно выраженные характеристические свойства изучаемых понятий.</p>

Средством формирования теоретического мышления учащихся в процессе изучения математики выступает система уровневых математических задач, разработанных в соответствии со структурно-содержательной моделью: 6 уровней – в соответствии с формируемыми умениями и учебными действиями, им адекватными (описаны в статье выше).

В результате исследования были выявлены способности и умения, которые характерны для ученика, владеющего теоретическим мышлением, разработаны структурно-содержательная и процессуально-функциональная модели формирования теоретического мышления учащихся в процессе изучения математики.

Список литературы

1. Давыдов, В. В. Теория развивающего обучения / В. В. Давыдов. – М.: ИНТОР, 1996. – 342 с.
2. Давыдов, В. В. Проблемы развивающего обучения: Опыт теоретического и экспериментального психологического исследования / В. В. Давыдов. – М.: Педагогика, 1986. – 240 с.
3. Арсеньев, А. С. Логические основы науки / А. С. Арсеньев. – Киев, 1986. – 371 с.
4. Библер, Б. С. Анализ развивающего понятия / Б. С. Библер, Б. Л. Кедров. – М.: Наука, 1967. – 439 с.

This article opens essence of concept «theoretical thinking», it tells about its main forms, types and components. Also it speaks about requirement of formation of theoretical thinking at pupils on mathematics lessons.

Научный руководитель – М. В. Касперко, старший преподаватель кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики.

УДК 372.851

Н. Г. ЛЕГЕЗА

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТРИГОНОМЕТРИИ

Рассмотрены теоретические основы и совокупность рациональных методических приемов по формированию и развитию творческой математической деятельности учащихся при изучении тригонометрии на уроках математики в классах физико-математического профиля гимназий.

Творческое мышление – один из интереснейших феноменов, выделяющих человека из мира животных. Уже в начале жизни у человека проявляется настоятельная потребность самовыражения через творчество, человек учится мыслить творчески, хотя способность к такому мышлению не является необходимой для выживания. Обучение математике обладает заметными преимуществами по сравнению с другими учебными предметами в плане интеллектуального и творческого развития, поскольку дает возможность формировать такие качества мышления, которые позволяют не только осваивать новые области знания и обеспечивать успешность профессиональной деятельности, но и приобретать опыт творческого развития. Именно математике отдается особый приоритет в развитии творческого мышления. Математика способствует развитию творческого мышления, заставляя искать решения нестандартных задач, размышлять над парадоксами, анализировать содержание условий теорем и суть их доказательств. В математике логическая строгость и стройность умозаключений призвана воспитывать общую логическую культуру мышления. Однако школьные уроки математики зачастую нацелены на прохождение программы, а не на развитие мышления детей. Учитель видит свою задачу в том, чтобы школьники с его помощью усвоили еще одну порцию учебного материала. Очень часто под основной целью математического образования подразумевают подготовку к будущей профессии, к поступлению в ВУЗ. Однако главная задача любого педагога – содействовать развитию познавательных возможностей учащихся, поэтому основная задача – это не просто пройти программу, а научить мыслить, научить овладевать фундаментальными знаниями. А подлинными фундаментальными знаниями – это не набор некоторых правил и умений решать стандартные задачи. Это, прежде всего, глубокое понимание сути изучаемых явлений, приобщение к поиску самих задач, постановке этих задач, формулированию гипотез, испытанию их на правдоподобие.

Вышеуказанные обстоятельства и расхождение между необходимостью развития творческого мышления учащихся, с одной стороны, и недостаточной разработанностью методических основ такой работы с другой, позволяют сделать вывод об актуальности темы исследования. Практическая значимость состоит в том, что разработанные материалы могут быть использованы учителями школ и гимназий в практической деятельности. Они облегчат учителям разработку конкретных творческих заданий для учащихся и переход от использования единичных творческих заданий к их систематическому применению.

Психологи доказали, что задатки творческих способностей присущи любому человеку, любому нормальному ребенку. Различие состоит лишь в масштабах достижений и их общественной значимости. Одним из важнейших результатов исследований является вывод о том, что творческие способности можно и нужно развивать практически у всех школьников. Не менее важным, чем предыдущий, является вывод психолого-педагогической науки о том, что творческие способности необходимо развивать с раннего детства.

В процессе обучения математике в школе важную роль играет формирование умений и навыков творческой деятельности учащихся, что подчеркивается в работах известных математиков и методистов: Б.В. Гнеденко, В.А. Гусева, В.А. Далингера, И.П. Калошиной, Ю.М. Колягина, В.И. Крупича, В.А. Крутецкого, Д. Пойа, З.И. Слепкань, А.Я. Хинчина, И.С. Якиманской и других.

Анализ этих работ показал возможность включения в разные области школьной математики специально подобранных математических задач, способствующих формированию разных приемов творческой математической деятельности и развитию математического мышления.

Необходимо отметить, что курс тригонометрии основной школы продолжает иметь большую практическую направленность, требующую от учащихся прочного овладения основными понятиями, умения выполнять различного рода преобразования всевозможных выражений, исследовать функции и строить графики и т.д. Изучение понятий тригонометрии не ограничивается рамками одного школьного предмета, поскольку они отражают достаточно широкую область человеческого бытия, причинно-следственные связи, воплощая идеи актуальной и потенциальной бесконечности, непрерывности и др. Школьники должны иметь прочные знания по тригонометрии, т.к. они являются звеном огромной цепи понятий и имеют большое значение в реализации

межпредметных связей. Изучение элементов тригонометрии в средней школе связано с рядом трудностей: высокий уровень абстракции понятий, сложная логическая структура их определений, недостаточность учебного времени для осмысления сложности вопросов и др.

Опыт преподавания математики показывает, что осознание важности изучаемого материала приходит к ученикам не в процессе его изучения, а в процессе его применения при решении других заданий, то есть тогда, когда он становится средством для решения других задач.

Так, например, решение уравнения $\cos 2x \cos x + \sin 2x \sin x = 1$, сводится к простейшему уравнению $\cos x = 1$, причём частному виду простейшего, после элементарного преобразования выражения, стоящего в левой части уравнения по формулам сложения косинуса. Аналогичная ситуация может возникнуть и при реше-

нии тригонометрических неравенств. Неравенство вида $tgx < \frac{tg \frac{\pi}{15} + tg \frac{4\pi}{15}}{1 - tg \frac{\pi}{15} \cdot tg \frac{4\pi}{15}}$, в принципе становится решаемым только после преобразования выражения стоящего в правой части неравенства. Получим, $tgx < tg \frac{\pi}{3}$, а

затем с помощью таблицы значений основных тригонометрических функций имеем простое неравенство $tgx < \sqrt{3}$, решение которого не должно вызвать затруднений у учащихся.

Мы видим, что именно здесь школьники могут наблюдать пользу от изучения формул тригонометрии. С их помощью нерешаемое на первый взгляд уравнение или неравенство принимает достаточно простой и, главное знакомый вид.

При таком подходе изучения тригонометрии, когда уравнения и неравенства изучаются после формул преобразования тригонометрических выражений, место тригонометрических уравнений и неравенств определяется через систематизацию знаний по темам «Преобразование тригонометрических выражений» и «Основные свойства и графики тригонометрических функций».

Тригонометрическая подстановка. С точки зрения стандартных школьных методов решения алгебраических задач метод тригонометрической подстановки является нестандартным приемом. Тригонометрическая подстановка позволяет решать сложные многоходовые задачи. Необходимость в изучении метода тригонометрической подстановки в классах с повышенным изучением математики обусловлена следующим:

- повышенное изучение предполагает наполнение курса разнообразными, интересными и нестандартными задачами, которые играют существенную роль в развитии творческих способностей учащихся, применение тригонометрической подстановки для решения задач позволяет дать эффективный способ решения нестандартных олимпиадных задач;
- задачи, предлагаемые к решению с помощью тригонометрической подстановки, базируются на достаточно высоком уровне владения техникой как алгебраических, так и тригонометрических преобразований, это позволяет оценить метод решения и применить его в сходной ситуации;
- применение тригонометрической подстановки при решении алгебраических задач направлено на установление взаимосвязи различных разделов математики, а именно: алгебры и тригонометрии. Важно воспитать у учащихся смелость и находчивость в поиске способов решения задач не только в ближайшем окружении условия, но и в более широкой, иногда неожиданной области.

Наиболее уместно организовать работу, посвященную применению тригонометрической подстановки для решения алгебраических задач, на факультативных занятиях по математике. При этом целесообразно предложить учащимся для решения разнообразные задачи: рациональные и иррациональные уравнения, неравенства, их системы, задания на отыскание наибольшего и наименьшего значений функции, задачи с параметрами. Желательно создать такую работу, которая бы содержала в себе подборку из разнообразных алгебраических заданий, решаемых с помощью тригонометрической подстановки, не ограничиваясь рассмотрением отдельного класса задач.

Рассмотрим применение метода тригонометрической подстановки при решении иррациональных уравнений. Иррациональные уравнения часто встречаются на вступительных экзаменах по математике, так как с их помощью легко диагностируется знание таких понятий, как равносильные преобразования, область определения и другие. Методы решения иррациональных уравнений, как правило, основаны на возможности замены (с помощью некоторых преобразований) иррационального уравнения рациональным, которое либо равносильно исходному иррациональному уравнению, либо является его следствием. Чаще всего обе части уравнения возводят в одну и ту же степень. Эквивалентность не нарушается при возведении обеих частей в нечетную степень. В противном случае требуется проверка найденных решений или оценка знака обеих частей уравнения. Но существуют и другие приемы, которые могут оказаться более эффективными при решении иррациональных уравнений. Например, метод тригонометрической подстановки.

Пример. Решите уравнение $\sqrt{\frac{1+2x\sqrt{1-x^2}}{2}} + 2x^2 = 1$.

Решение с помощью тригонометрической подстановки

Так как $1 - x^2 \geq 0$, то $|x| \leq 1$. Поэтому можно положить $x = \sin \alpha$, $\alpha \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$. Уравнение примет вид

$$\sqrt{\frac{1 + 2 \sin \alpha \cos \alpha}{2}} = 1 - 2 \sin^2 \alpha \Leftrightarrow \frac{|\sin \alpha + \cos \alpha|}{\sqrt{2}} = \cos 2\alpha \Leftrightarrow \left| \sin \left(\alpha + \frac{\pi}{4} \right) \right| = \cos 2\alpha. \quad \text{Пусть} \quad \alpha + \frac{\pi}{4} = u, \quad \text{где}$$

$$u \in \left[-\frac{\pi}{4}; \frac{3\pi}{4} \right], \text{ тогда } |\sin u| = \sin 2u \Leftrightarrow \begin{cases} \sin u \geq 0, \\ \cos u = \frac{1}{2}; \\ \sin u < 0, \\ \cos u = -\frac{1}{2}. \end{cases} \quad \text{Учитывая, что } u \in \left[-\frac{\pi}{4}; \frac{3\pi}{4} \right], \text{ получаем } \begin{cases} u_1 = \frac{\pi}{3}, \\ u_2 = 0. \end{cases} \quad \text{Возвращаемся к переменной } x, \text{ имеем: } x_1 = \sin \left(\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{4} \right) = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}, \quad x_2 = \sin \left(-\frac{\pi}{4} \right) = -\frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Алгебраическое решение

$$\sqrt{\frac{1 + 2x\sqrt{1-x^2}}{2}} + 2x^2 = 1 \Leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(x + \sqrt{1-x^2})^2} = 1 - 2x^2 \Leftrightarrow \frac{|x + \sqrt{1-x^2}|}{\sqrt{2}} = 1 - 2x^2.$$

Уравнение имеет решение, если $1 - 2x^2 \geq 0$. Следовательно, $1 - x^2 \geq x^2$, откуда $\sqrt{1-x^2} \geq |x| \geq x$. Значит, $x + \sqrt{1-x^2} \geq 0$, поэтому модуль раскрываем с положительным знаком:

$$\frac{x + \sqrt{1-x^2}}{\sqrt{2}} = 1 - 2x^2 \Leftrightarrow \frac{x + \sqrt{1-x^2}}{\sqrt{2}} = (1-x^2) - x^2 \Leftrightarrow \frac{x + \sqrt{1-x^2}}{\sqrt{2}} = (\sqrt{1-x^2} + x)(\sqrt{1-x^2} - x) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (\sqrt{1-x^2} + x) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - (\sqrt{1-x^2} - x) \right) = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt{1-x^2} + x = 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{1-x^2} - x \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \sqrt{1-x^2} = -x \\ \sqrt{1-x^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} + x \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 1-x^2 = x^2, x \leq 0 \\ 1-x^2 = \frac{1}{2} + \sqrt{2}x + x^2, x \geq -\frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 2x^2 = 1, x \leq 0 \\ 4x^2 + 2\sqrt{2}x - 1 = 0, x \geq -\frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ x = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4} \end{cases}.$$

Решение уравнения алгебраическим способом требует хорошего навыка проведения тождественных преобразований и грамотного обращения с равносильными переходами. В общем оба приема решения равноценны.

Разработана методика развития творческого мышления учащихся при изучении тригонометрии в школьном курсе математики, где одним из основных компонентов является система задач, направленная на развитие творческого потенциала школьников; показана возможность реализации этой методики в учебном процессе. Практическая значимость состоит в том, что разработанные материалы могут быть использованы учителями школ в практической деятельности в старшей школе. Они облегчат учителям разработку конкретных творческих заданий для учащихся и переход от использования единичных творческих заданий к их систематическому применению.

Список литературы

1. Крутецкий, В.А. Психология математических способностей школьников / В. А. Крутецкий. – М.: Просвещение, 1968. – 431 с.
2. Якиманская, И. С. Психологические основы математического образования / И. С. Якиманская. – М.: Академия, 2004. – 320 с.
3. Олехник, С. Н. Нестандартные методы решения уравнений и неравенств: Справочник / С. Н. Олехник, М. К. Потапов, П. И. Пасиченко. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 144 с.

The theoretical framework and a set of rational methodological approaches to the formation and development of the creative mathematical activity of students in the study trigonometry on the lessons of mathematics in the school of physics and mathematics schools.

Научный руководитель – И. А. Корлюкова, доцент кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 517.925.42

С. В. РУДЕВИЧ

ОЦЕНКА ЧИСЛА ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ ВТОРОГО РОДА ДЛЯ ОДНОГО КЛАССА АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ НА ЦИЛИНДРЕ

Представлен алгоритм для получения точной оценки числа и локализации предельных циклов охватывающих цилиндр автономных систем с цилиндрическим фазовым пространством. Он основан на построении функции Дюлака – Черкаса.

Введение. Рассмотрим автономную систему дифференциальных уравнений

$$\frac{dx}{dt} = P(x, y), \frac{dy}{dt} = Q(x, y), \quad (1)$$

в которой $P, Q \in C^1(\Omega), \Omega \subseteq R^2$, а также являются периодическими функциями x с периодом 2π . В силу периодичности вместо фазовой плоскости (x, y) поведение траекторий системы (1) достаточно рассмотреть на круговом цилиндре $\Omega_c = \{(x, y) : x \in [x_0, x_0 + 2\pi], y \in R\}$, где возможны те и только те типы траекторий, что и для системы

$$\frac{dx}{dt} = f(x, y), \frac{dy}{dt} = g(x, y) \quad (2)$$

с плоским фазовым пространством [1]. Однако следует различать предельные циклы, не охватывающие и охватывающие цилиндр, которые соответственно называются циклами первого и второго рода [2]. Так, для предельных циклов первого рода системы (1) применим обобщенный метод модифицированных функций Дюлака–Черкаса [3] и различные пути его реализации [4] для оценки числа и локализации предельных циклов структурно устойчивой системы (2). При изучении предельных циклов второго рода некоторых классов системы (1) возникают свои особенности, связанные с построением функций Дюлака–Черкаса, изучение которых является целью настоящей работы.

Критерий Дюлака для предельных циклов второго рода. Пусть $\Omega_x = \{(x, y) : x \in [x_0, x_0 + 2\pi], \gamma_1 = \gamma_1(x) \leq y \leq \gamma_2 = \gamma_2(x)\} \subset \Omega_c$ – некоторая кольцеобразная область (кольцо), заключенная между двумя замкнутыми непересекающимися кривыми γ_1 и γ_2 , охватывающие цилиндр, $X = (P, Q)$ – векторное поле, задаваемое системой (1) на нем. Функция $B \in C^1(\Omega_x)$, для которой $\text{div}(BX)$ не меняет знак в области Ω_x , а кривая $\text{div}(BX) = 0$ не содержит предельных циклов, называется функцией Дюлака системы (1) в области Ω_x . Тогда, по критерию Дюлака, в случае существования такой функции B система (1) в рассматриваемой области Ω_x не имеет предельных циклов первого рода и может иметь не более одного предельного цикла второго рода [1].

При решении указанной проблемы для структурно устойчивой системы (10) будем использовать обобщенный критерий Дюлака, предложенный профессором Л.А. Черкасом.

Определение 1. 2π -периодическая по x функция $\Psi(x, y) \in C^1(\Omega_x)$ называется функцией Дюлака – Черкаса системы (1) в области Ω_x , если существует действительное число $k \neq 0$ такое, что в Ω_x выполняется неравенство

$$\Phi = k\Psi \text{div} X + \frac{\partial \Psi}{\partial x} P + \frac{\partial \Psi}{\partial y} Q > 0 (< 0). \quad (3)$$

Отметим ряд ключевых свойств, вытекающих из определения 1 и результатов работы [6].

Лемма 1. Если Ψ является функцией Дюлака – Черкаса системы (1) в области Ω_x и $W = \{(x, y) \in \Omega_x : \Psi(x, y) = 0\}$, то

1°. $B \equiv |\Psi|^{1/k}$ представляет собой функцию Дюлака в классическом варианте в каждой из подобластей Ω_x , где Ψ сохраняет знак;

2°. Траектории системы (1) при встрече с множеством W пересекают его трансверсально;

3°. Множество W не содержит особых точек этой системы;

4°. Множество W представляет собой кривую, ветви которой не пересекаются друг с другом;

5°. Предельные циклы системы (1), целиком расположены в области Ω_x , не пересекают W .

Замечание 1. Из леммы 1 следует, что множество W может состоять из двух непересекающихся подмножеств, представляющих собой незамкнутые кривые W_{nc} и овалы, охватывающие цилиндр W_{cs} . При этом W отделяет подобласти области Ω_x , где $\Psi > 0$ от подобластей, где $\Psi < 0$.

Замечание 2. Принципиальное преимущество предложенного подхода к оценке числа предельных циклов перед классическим критерием Дюлака заключается в отсутствии необходимости заранее проводить локализацию предельных циклов, поскольку она следует из топологического анализа кривых множества W .

Для оценки и локализации предельных циклов системы (1) воспользуемся результатом обобщенного критерия Дюлака для области Ω_x , приведенного в работе [5].

Теорема 1. Пусть Ψ является функцией Черкаса системы (1) в области Ω_x , а множество W состоит из s овалов, охватывающих цилиндр и разбивающих Ω_x на $s+1$ кольцо. Тогда при положительном k система (1) в Ω_x имеет не более одного предельного цикла второго рода, а при отрицательном k она имеет, по крайней мере, $s-1$ предельный цикл второго рода, если Ω_x не содержит особых точек. Всего же система (1) в Ω_x может иметь не более $s+1$ таких предельных циклов.

Следствие. Если в кольце, $\Psi > 0$ ($\Psi < 0$), существует предельный цикл второго рода, то он является устойчивым (неустойчивым) при $k \operatorname{sign}(\Psi\Phi) < 0$ ($k \operatorname{sign}(\Psi\Phi) > 0$).

Замечание 3. При $s = 0$ теорема 1 представляет собой классический критерий Дюлака.

Алгоритм построение функции Дюлака-Черкаса в виде квадратного полинома для одного класса автономных систем (1). Рассмотрим задачу оценки числа и локализации предельных циклов системы (1) на цилиндре $\Omega_x = \{(x, y) \mid x \in [0, 2\pi], y \in R\}$ вида

$$\dot{x} = d_0(x) + d_1(x)y + d_2(x)y^2, \quad \dot{y} = h_0(x) + h_1(x)y + h_2(x)y^2 + h_3(x)y^3, \quad (6)$$

где функции $h_i(x) \in C^0(R)$, $i = \overline{0,3}$, $d_j(x) \in C^1(R)$, $j = \overline{0,2}$ являются 2π – периодическими.

Функцию Ψ для системы (6) будем искать в виде

$$\Psi(x, y) = \Psi_0(x) + \Psi_1(x)y + \Psi_2(x)y^2, \text{ где } \Psi_i(x) \in C^1(R). \quad (7)$$

Тогда соответствующая функция $\Phi(x, y)$ после группировки по степеням переменной y записывается следующим образом

$$\Phi(x, y) = \Phi_4(x)y^4 + \Phi_3(x)y^3 + \Phi_2(x)y^2 + \Phi_1(x)y + \Phi_0(x), \quad (8)$$

где коэффициентные функции $\Phi_i(x)$, $i = \overline{0,4}$ зависят от функций $d_0, d_1, d_2, \Psi_0, \Psi_1, \Psi_2$ и их первых производных, а так же от функций h_0, h_1, h_2, h_3 , и числа k . Для доказательства положительности $\Phi(x, y)$ сведем эту функцию к виду $\Phi(x, y) = \Phi_0(x)$. Для этого в формуле (8) коэффициенты $\Phi_i(x)$, $i = \overline{1,4}$ приравняем к нулю.

Функция $\Phi_4(x) = \Psi_2(x)(kd_2'(x) + (3k+2)h_3(x)) + \Psi_2'(x)d_2(x) \equiv 0$, когда $k = -\frac{2}{3}$ и функции $\Psi_2(x), d_2(x)$ являются константами, то есть $\Psi_2(x) = \Psi_2, d_2(x) = d_2$. Тогда имеем

$\Phi_3(x) = -\Psi_1(x)h_3(x) - \frac{2}{3}\Psi_2(d_1'(x) - h_2(x)) + \Psi_1'(x)d_2$ и из равенства $\Phi_3(x) \equiv 0$ выразим функцию $h_3(x) = \frac{-2\Psi_2(d_1'(x) - h_2(x)) + 3\Psi_1'(x)d_2}{3\Psi_1(x)}$. После подстановки ее в коэффициенты $\Phi_2(x), \Phi_1(x)$ и $\Phi_0(x)$, получим

$$\begin{aligned} \Phi_2(x) = & \frac{4\Psi_2\Psi_0(x)(d_1'(x) - h_2(x)) - \Psi_1^2(x)(2d_1'(x) + h_2(x)) - 2\Psi_2\Psi_1(x)(d_0'(x) - 2h_1(x))}{3\Psi_1(x)} + \\ & + \frac{3\Psi_1(x)(d_2\Psi_0'(x) + \Psi_1'(x)d_1(x)) - 6d_2\Psi_0(x)\Psi_1'(x)}{3\Psi_1(x)}. \end{aligned}$$

Тогда условие $\Phi_2(x) \equiv 0$ выполняется, если функцию $h_1(x)$ записать следующим образом

$$\begin{aligned} h_1(x) = & \frac{4\Psi_2\Psi_0(x)(d_1'(x) - h_2(x)) - \Psi_1^2(x)(2d_1'(x) + h_2(x)) - 2\Psi_2\Psi_1(x)d_0'(x)}{-4\Psi_2\Psi_1(x)} + \\ & + \frac{3\Psi_1(x)(d_2\Psi_0'(x) + \Psi_1'(x)d_1(x)) - 6d_2\Psi_0(x)\Psi_1'(x)}{-4\Psi_2\Psi_1(x)}, \end{aligned}$$

затем из равенства $\Phi_1(x) \equiv 0$, где

$$\begin{aligned} \Phi_1(x) = & \frac{12\Psi_2\Psi_0(x)(d_1'(x) + h_2(x)) - \Psi_1^2(x)(2d_1'(x) + h_2(x)) + 3\Psi_1(x)(d_2\Psi_0'(x) + \Psi_1'(x)d_1(x))}{-12\Psi_2} + \\ & + \frac{-12\Psi_2(d_1(x)\Psi_0'(x) + d_0(x)\Psi_1'(x)) + 6(\Psi_2\Psi_1(x)d_0'(x) - d_2\Psi_1'(x)\Psi_0(x)) - 24\Psi_2^2h_0(x)}{-12\Psi_2}, \end{aligned}$$

выражаем функцию $h_0(x)$

$$\begin{aligned} h_0(x) = & \frac{12\Psi_2\Psi_0(x)(d_1'(x) + h_2(x)) - \Psi_1^2(x)(2d_1'(x) + h_2(x)) + 3\Psi_1(x)(d_2\Psi_0'(x) + \Psi_1'(x)d_1(x))}{24\Psi_2^2} + \\ & + \frac{-12\Psi_2(d_1(x)\Psi_0'(x) + d_0(x)\Psi_1'(x)) + 6(\Psi_2\Psi_1(x)d_0'(x) - d_2\Psi_1'(x)\Psi_0(x))}{24\Psi_2^2}. \end{aligned}$$

При этом функция $\Phi_0(x)$ примет вид

$$\begin{aligned} \Phi_0(x) = & \frac{1}{24\Psi_2^2\Psi_1(x)} (24\Psi_2^2\Psi_1(x)(\Psi_0'(x)d_0(x) - \Psi_0(x)d_0'(x)) + 16\Psi_2^2\Psi_0^2(x)(d_1'(x) - h_2(x)) + \\ & + 4\Psi_2\Psi_0(x)\Psi_1^2(x)(d_1(x) + 2h_2(x)) - 6d_2\Psi_1'(x)\Psi_0(x)(\Psi_1^2(x) + 4\Psi_2\Psi_0^2(x)) + 6\Psi_2\Psi_1^3(x)d_0'(x) + \\ & + 3\Psi_1^3(x)(d_2\Psi_0'(x) + \Psi_0'(x)d_1(x)) - \Psi_1^4(x)(2d_1'(x) + h_2(x)) + 12\Psi_2\Psi_1(x)(\Psi_0(x)(d_2\Psi_0'(x) + \\ & + \Psi_1'(x)d_1(x)) - \Psi_1(x)(d_1(x)\Psi_0'(x) + \Psi_1'(x)d_0(x))). \end{aligned}$$

Если функция $\Phi_0(x)$ не меняет знак для всех $x \in [0, 2\pi]$, то полином (7) является функцией Дюлака – Черкаса для системы (6) на цилиндре Ω_x .

Построение автономной системы вида (6), имеющей точно три предельных цикла второго рода. Рассмотрим построение функций Ψ в виде

$$\Psi = (y - a \sin(x) - b)(y - c \sin(x) - d), \tag{9}$$

где коэффициенты $a, b, c, d \in R$, выбираются так, чтобы множество W состояло из двух овалов охватывающих цилиндр. В этом случае система (6) в силу теоремы 1 на цилиндре Ω_x может иметь не более трех предельных циклов второго рода. Используя выше описанный алгоритм, построим систему (6) с функцией Дюлака – Черкаса (9). При $a = -c, d = -b, h_2(x) = 0, h_3(x) = -\frac{1}{2}, d_2 = \frac{1}{2}, d_1 = 1, h_0(x) = c^2 \cos(x) \sin(x) - sb \cos(x),$

$h_1(x) = \frac{3}{4}(c^2(1 - \cos^2(x)) - 2cb \sin(x) + b^2 + (c^2 \sin(x) - cb) \cos(x))$, функция $\Phi(x, y) = \Phi_0(x)$ примет вид

$$\begin{aligned} \Phi_0(x) = & c^2 \cos x \sin x \left(\frac{c^2}{4} + \frac{3b^2}{2} + 2(cb \cos x - d_0) \right) + \cos^3 x \left(\frac{3c^3 b}{2} - \frac{c^4 \sin x}{2} \right) + \frac{c^4 + b^4}{2} + \\ & - \cos^2 x (c^4 + 3c^2 b^2) + cb \cos x \left(2d_0 - \frac{b^2}{2} - \frac{3c^2}{2} \right) + \frac{c^4 \cos^4 x}{2} + 3c^2 b^2 - 2cb \sin x (b^2 + c^2). \end{aligned}$$

Выбор параметров c, b, d_0 осуществляется так, чтобы функция $\Phi_0 > 0$. Например, если $c = 1, b = 10, d_0 = -100$, то

$$\begin{aligned} \Phi_0(x) = & \frac{1}{2} ((701 \cos^2(x) + 40 \cos(x) - 4040) \sin(x) \cos(x) + 10601 - 5030 \cos(x) - \\ & - 602 \cos^2(x) + 30 \cos^3(x) + \cos^4(x)). \end{aligned}$$

Так как $\Phi_0(x) > 0$ при всех $x \in [0; 2\pi]$, то (9) является функцией Дюлака – Черкаса для следующей системы вида (6)

$$\begin{aligned} P(x, y) = & -99.5 + 0.5(1 + y)^2, \\ Q(x, y) = & \cos x (\sin x - 10) + \left(\frac{303}{2} - \frac{3}{4} \cos^2 x - \frac{15}{2} \sin x + \cos x \left(\frac{3}{4} \sin x - \frac{15}{2} \right) \right) y - \frac{y^3}{2}. \end{aligned} \tag{10}$$

У полученной системы (10) нет точек покоя, так как система $P(x, y) = 0$ и $Q(x, y) = 0$ не имеет действительных решений. Следовательно, у системы (10) не может быть предельных циклов первого рода. В силу трансверсальности кривых Ψ_1 и Ψ_2 , которые задаются уравнениями $y + \sin x - 10 = 0$ и $y - \sin x + 10 = 0$, соответственно, между ними (в области Ω_0) существует точно один предельный цикл второго рода (см. рисунок 1). Учитывая следствие из теоремы 1, все траектории системы (10) при возрастании t покидают область Ω_0 .

Поскольку пределы $\lim_{y \rightarrow \pm\infty} \frac{dy}{dt} = \sim \infty$, то в каждой из областей Ω_1 и Ω_2 система (10) имеет точно по одному простому устойчивому предельному циклу второго рода.

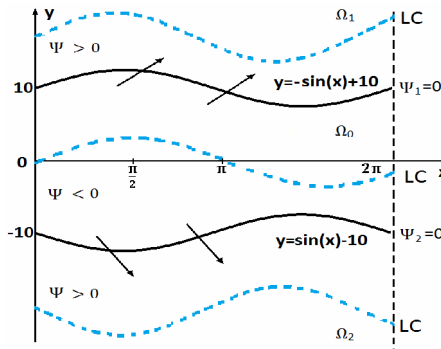


Рисунок 1 – Расположение 3 предельных циклов LC системы (10)

На основании полученных результатов верна следующая теорема.

Теорема 2. Система (10) на цилиндре имеет точно три предельных цикла. Все циклы являются простыми циклами второго рода.

Заключение. Таким образом, в настоящей статье представлен алгоритм, позволяющий регулярным способом строить функцию Дюлака – Черкаса Ψ вида (7) для автономных систем (6). На основе построенной функции Ψ получена локализация и точная оценка числа предельных циклов второго рода для автономных систем (6) в одном случае.

Список литературы

1. Баутин, Н. Н. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости / Н. Н. Баутин, Е. А. Леонтович. – М.: Наука, 1976. – 496 с.
2. Барбашин, Е. А. Динамические системы с цилиндрическим фазовым пространством / Е. А. Барбашин, В. А. Табуева. – М.: Наука, 1969. – 300 с.
3. Черкас, Л. А. Функция Дюлака полиномиальных автономных систем на плоскости / Л. А. Черкас // Дифференциальные уравнения. – 1997. – Т. 33, № 5. – С. 689 – 699.
4. Черкас, Л. А. Алгебраические аспекты нахождения функции Дюлака для полиномиальных автономных систем на плоскости / Л. А. Черкас, А. А. Гринь // Дифференциальные уравнения. – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 384 – 390.
5. Черкас, Л. А. Функция Дюлака для динамических систем на цилиндре / Л. А. Черкас, А. А. Гринь // Вестник ГрГУ им. Я. Купалы. Сер. 2. – 2007. – № 2 (52). – С. 3 – 8.
6. Cherkas, L., Grin, A., Schneider, K. R. A new approach to study limit cycles on a cylinder / L. Cherkas, A. Grin, K. R. Shneider // Dynamics of continuous, discrete and impulsive systems. Series A: Mathematical Analysis. – 2011. – № 18. – P. 839 – 951.

The paper contains a one approach to obtain the exact evaluation of the number and localization of limit cycles surrounding the cylinder for autonomous systems with the cylindrical phase space. It is based on the construction of the Dulac-Cherkas function. Presented theoretical results are applied to a class of mentioned autonomous systems.

Научный руководитель – А. А. Гринь, зав. кафедрой алгебры, геометрии и методики преподавания математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 517.977.1

Д. М. САДОВСКАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ В ПРОСТРАНСТВЕ $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ ЛИНЕЙНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННЫХ СИСТЕМ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Рассматривается задача $\{x, y\}$ -управляемости в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ для ЛССВС третьего порядка с запаздыванием в состоянии. Приведены достаточные условия $\{x, y\}$ -управляемости в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ при всех достаточно малых значениях параметра сингулярности μ . Условия не зависят от параметра μ , выражены через матричные параметры системы и имеют ранговый вид. Приведены примеры применения полученных условий для анализа $\{x, y\}$ -управляемости в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$.

Постановка задачи. Рассматривается ЛССВС с запаздыванием в состоянии (ЛССВСЗ):

$$\dot{x}(t) = A_1 x(t) + A_2 y(t) + C_1 x(t-h) + C_2 y(t-h) + B_1 u(t), \quad x \in R^{n_1}, \quad y \in R^{n_2}, \quad u \in R^r, \quad (1)$$

$$\mu \dot{y}(t) = A_3 x(t) + A_4 y(t) + C_3 x(t-h) + C_4 y(t-h) + B_2 u(t), \quad t \in T = [0, t_1],$$

$$\{x_0(\cdot, \mu), y_0(\cdot, \mu)\} = \{\varphi(\theta), \psi(\theta), \theta \in [-h, 0]\}, \quad \{x(0), y(0)\} = \{x_0, y_0\}. \quad (2)$$

Здесь $A_i, C_i, i = \overline{1, 4}, B_j, j = \overline{1, 2}$ – постоянные матрицы соответствующих размерностей, $0 < h$ – число, характеризующее запаздывание, $u(t), t \in T$ – r -вектор-функция управления, $u(\cdot) \in U$ – множество кусочно-непрерывных на T r -вектор-функций, $\varphi(\theta), \psi(\theta)$ – кусочно-непрерывные начальные n_1 - и n_2 -вектор-функции, соответственно, μ – параметр, $\mu \in (0, \mu^0], \mu^0 \ll 1, x_0 \in R^{n_1}, y_0 \in R^{n_2}$.

Обозначим $n = n_1 + n_2$. Для $n = 3$ рассмотрим случаи: 1) $n_1 = 1, n_2 = 2, r = 1$, 2) $n_1 = 1, n_2 = 2, r = 2$.

Независящие от μ достаточные условия управляемости сингулярно возмущенных систем с запаздыванием третьего порядка в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$. В [1] доказаны достаточные условия, не зависящие от μ :

Теорема. Если выполнены условия

$$1. \text{rank} \dot{P}(e^{\lambda h}, 0) = 3 \text{ по крайней мере для некоторого комплексного } \lambda;$$

$$2. \text{rank} \dot{N}(\lambda, e^{\lambda h}, 0) = 3 \quad \forall \lambda \in \Lambda_0^0;$$

$$3. \text{rank}[C, B] = 3,$$

то система (1), (2) $\{x, y\}$ – управляема в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ для достаточно малых $\mu > 0$.

Здесь $\tilde{P}(e^{\lambda h}, \mu) = M^{-1}P(e^{\lambda h}, \mu)K$, $P(e^{\lambda h}, \mu) = [B(\mu), A(e^{\lambda h}, \mu) \cdot B(\mu), A^2(e^{\lambda h}, \mu) \cdot B(\mu)]$,

$\tilde{N}(e^{\lambda h}, \mu) = M^{-1}N(e^{\lambda h}, \mu)$, $N(e^{\lambda h}, \mu) = [\lambda E + A(e^{\lambda h}, \mu), B(\mu)]$, $A(e^{\lambda h}, \mu) = A(\mu) + C(\mu)e^{\lambda h}$, $A(\mu) = M(\mu)A$,

$$C(\mu) = M(\mu)C, \quad B(\mu) = M(\mu)B, \quad A = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ A_3 & A_4 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 \\ C_3 & C_4 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \end{pmatrix}, \quad M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1/\mu & 0 \\ 0 & 0 & 1/\mu \end{pmatrix}.$$

Для первого случая матрица $K = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu^2 \end{pmatrix}$, а для второго — $K = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu^2 \end{pmatrix}$.

Пример 1. Для системы (1), (2) с параметрами $n_1 = 1, n_2 = 2, r = 1$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Определенные в теореме (теорема 2 в [1]) объекты имеют вид:

$$\tilde{P}(e^{\lambda h}, \mu) = \begin{pmatrix} 0 & -\mu + e^{\lambda h} & -\mu \\ -1 & -\mu & -\mu \\ 1 & 0 & \mu + e^{\lambda h}\mu - e^{\lambda h} - e^{2\lambda h} \end{pmatrix}$$

$\Pi(z, \mu) = -(\mu^2 + \mu^2 z - z\mu - 2\mu z^2 + z^2 + z^3)$ — определитель матрицы $\tilde{P}(z, \mu)$, где $z = e^{\lambda h}$.

$$\tilde{N}(e^{\lambda h}, \mu) = \begin{pmatrix} \lambda & 1 & e^{\lambda h} & 0 \\ 0 & \lambda + 1 & 0 & -1 \\ -\mu^2 - e^{\lambda h}\mu^2 & 0 & \mu\lambda & 1 \end{pmatrix}, \quad \tilde{P}(e^{\lambda h}, 0) = \begin{pmatrix} 0 & e^{\lambda h} & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -e^{\lambda h} - e^{2\lambda h} \end{pmatrix}$$

$$\tilde{N}(e^{\lambda h}, 0) = \begin{pmatrix} \lambda & 1 & e^{\lambda h} & 0 \\ 0 & \lambda + 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \tilde{P}(z, 0) = \begin{pmatrix} 0 & z & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -z - z^2 \end{pmatrix}, \quad \tilde{N}(z, 0) = \begin{pmatrix} \lambda & 1 & z & 0 \\ 0 & \lambda + 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Найдем точки $z(0) \in C$, в которых матрица $\tilde{P}(z, 0)$ теряет полноту ранга $Z_0^0 = \{-1, 0, 0\}$, $Z^0 = Z^{0\mu_0} \cup Z^{0\mu c}$, $|Z^{0\mu_0}| = 2, |Z^{0\mu c}| = 1$.

Найдем λ_{jk} , $j = 2, 3, k = 0, \pm 1, \dots$, в которых матрица $\tilde{P}(z, 0)$ теряет полноту ранга. Так как $\arg z_1(0) = \arg(1) = 0, \ln|z_1(0)| = \ln|1| = 0$, то

$$\Lambda_0^0 = \{\lambda_{1k}(0) = \ln|z_1(0)| + i(\arg z_1(0) + 2\pi k), k = 0, \pm 1, \dots\} = \{2i\pi k, k = 0, \pm 1, \dots\},$$

$$\Lambda^{0\mu_0} = \{\lambda_{jk}(\mu) = \ln|z_j(\mu)| + i(\arg z_j(\mu) + 2\pi k), j = 2, 3, k = 0, \pm 1, \dots\},$$

$$\Lambda^{0\mu c} = \{\lambda_{1k}(\mu) = \ln|z_1(\mu)| + i(\arg z_1(\mu) + 2\pi k), k = 0, \pm 1, \dots\}.$$

Проверим выполнение условий теоремы для исследуемой системы.

Условие 1. Находим определитель матрицы $\Pi(z, 0) = \det \tilde{P}(z, 0) = -z^2 - z^3$. Так как он не равен тождественно нулю, то условие 1 теоремы выполнено.

Условие 2. В матрицу $\tilde{N}(e^{\lambda h}, 0)$ подставляем вместо λ элементы множества $\Lambda_0^0 = \{2i\pi k, k = 0, \pm 1, \dots\}$. Для определения ранга матрицы $\tilde{N}(e^{\lambda h}, 0)$ подсчитаем ее всевозможные миноры. Минор из последних трех столбцов равен $M_{234} = -e^{\lambda h}(\lambda + 1)$, остальные нулевые.

Подставим вместо λ $\{2i\pi k, k = 0, \pm 1, \dots\}$. Получим $\tilde{N}(-1,0) = \begin{pmatrix} 2i\pi k & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 2i\pi k + 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Имеем

$M_{234} = e^{2i\pi kh} (2i\pi k + 1)$. Так как $e^{2i\pi kh} (2i\pi k + 1) \neq 0, k \neq -\frac{1}{2i\pi}$, то $e^{2i\pi kh} (2i\pi k + 1) \neq 0, \forall k = 0, \pm 1, \dots$. Значит, $\text{rank} \tilde{N}(\lambda, e^{\lambda h}, 0) = 3$.

Условие 3. Матрица $[C, B] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Для определения ранга матрицы $[C, B]$ подсчитаем ее всевоз-

можные миноры. Минор из первого, третьего и четвертого столбцов — 1, остальные нулевые. Значит, $\text{rank}([C, B]) = 3$.

Таким образом, условия теоремы выполнены, а значит, для достаточно малых $\mu \in [0, \mu^0)$ система $\{x, y\}$ -управляема в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$.

Пример 2. Для системы (1), (2) с параметрами $n_1 = 1, n_2 = 2, r = 2$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \tag{4}$$

определенные в теореме (теорема 2 в [1]) объекты имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{P}(e^{\lambda h}, \mu) &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & -\mu + e^{\lambda h} & 0 & -\mu & e^{\lambda h} - e^{2\lambda h} \\ -1 & 0 & -1 & 0 & -\mu & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 - e^{\lambda h} & \mu + e^{\lambda h} \mu - e^{\lambda h} - e^{2\lambda h} & 0 \end{pmatrix}, \\ \tilde{N}(e^{\lambda h}, \mu) &= \begin{pmatrix} \lambda & 1 & e^{\lambda h} & 0 & 1 \\ 0 & \lambda + 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 - e^{\lambda h} & 0 & \lambda \mu & 1 & 0 \end{pmatrix}, \tilde{P}(e^{\lambda h}, 0) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & e^{\lambda h} & 0 & 0 & e^{\lambda h} - e^{2\lambda h} \\ -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 - e^{\lambda h} & -e^{\lambda h} - e^{2\lambda h} & 0 \end{pmatrix} \\ \tilde{N}(e^{\lambda h}, 0) &= \begin{pmatrix} \lambda & 1 & e^{\lambda h} & 0 & 1 \\ 0 & \lambda + 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 - e^{\lambda h} & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \\ \tilde{P}(z, 0) &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & z & 0 & 0 & z - z^2 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 - z & -z - z^2 & 0 \end{pmatrix}, \tilde{N}(z, 0) = \begin{pmatrix} \lambda & 1 & z & 0 & 1 \\ 0 & \lambda + 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 - z & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Так как матрица \tilde{P} не квадратная, то для того, чтобы определить ее ранг, рассмотрим ее всевозможные миноры. Рассмотрим минор первого, пятого, шестого столбцов

$$M_{156} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & z - z^2 \\ -1 & 0 & 0 \\ 1 & -z - z^2 & 0 \end{vmatrix},$$

остальные миноры нулевые. Найдем его определитель $M_{156}(z, 0) = \det M_{156} = -z^2 - 2z^3 - z^4$. Найдем точки $z(0) \in C$, в которых матрица $\tilde{P}(z, 0)$ теряет полноту ранга $Z_0^0 = \{-1, -1, 0, 0\}$, $Z^0 = Z^{0\mu^0} \cup Z^{0\mu^c}$, $|Z^{0\mu^0}| = 2, |Z^{0\mu^c}| = 2$.

Найдем $\lambda_{jk}, j = 2, 3, k = 0, \pm 1, \dots$, в которых матрица $\dot{P}(z, 0)$ теряет полноту ранга. Так как $\arg z_1(0) = \arg(1) = 0, \ln|z_1(0)| = \ln|-1| = 0$, то

$$\Lambda_0^0 = \{\lambda_{1k}(0) = \ln|z_1(0)| + i(\arg z_1(0) + 2\pi k), k = 0, \pm 1, \dots\} = \{2i\pi k, k = 0, \pm 1, \dots\},$$

$$\Lambda^{0\mu^0} = \{\lambda_{jk}(\mu) = \ln|z_j(\mu)| + i(\arg z_j(\mu) + 2\pi k), j = 3, 4, k = 0, \pm 1, \dots\},$$

$$\Lambda^{0\mu^c} = \{\lambda_{lk}(\mu) = \ln|z_l(\mu)| + i(\arg z_l(\mu) + 2\pi k), l = 1, 2, k = 0, \pm 1, \dots\}.$$

Проверим выполнение условий теоремы для исследуемой системы.

Условие 1. Находим определитель минора $M_{156}(z,0) = \det M_{156} = -z^2 - 2z^3 - z^4$. Так как он не равен тождественно нулю, то условие 1 теоремы выполнено.

Условие 2. В матрицу $\tilde{N}(e^{\lambda h}, 0)$ подставляем вместо λ элементы множества $\Lambda_0^0 = \{2i\pi k, k = 0, \pm 1, \dots\}$. Для определения ранга матрицы $\tilde{N}(e^{\lambda h}, 0)$ подсчитаем ее всевозможные миноры. Минор из второго, третьего и четвертого столбцов равен $M_{234} = -e^{\lambda h}(\lambda + 1)$, остальные нулевые.

Подставим вместо λ $\{2i\pi k, k = 0, \pm 1, \dots\}$. Получим $\tilde{N}(-1, 0) = \begin{pmatrix} 2i\pi k & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 2i\pi k + 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. Имеем $M_{234} = e^{2i\pi kh}(2i\pi k + 1)$. Так как $e^{2i\pi kh}(2i\pi k + 1) \neq 0$, $k \neq -\frac{1}{2i\pi}$, то $e^{2i\pi kh}(2i\pi k + 1) \neq 0$, $\forall k = 0, \pm 1, \dots$. Значит, $\text{rank} \tilde{N}(\lambda, e^{\lambda h}, 0) = 3$.

Условие 3. Матрица $[C, B] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$. Для определения ранга матрицы $[C, B]$ подсчитаем ее всевозможные миноры. Минор из первого, третьего и четвертого столбцов — 1, остальные нулевые. Значит, $\text{rank}([C, B]) = 3$.

Таким образом, условия теоремы выполнены, а значит, для достаточно малых $\mu \in [0, \mu^0)$ система $\{x, y\}$ управляема в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$.

Для проверки условий теоремы разработана программа в СКА Maple. Она позволяет по алгоритму определить является ли сингулярно возмущенных систем с запаздыванием третьего порядка в пространстве $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ управляемой с помощью достаточных условий.

Список литературы

1. Цехан, О. Б. Об одном условии управляемости в пространстве линейных стационарных сингулярно возмущенных систем с запаздыванием / О. Б. Цехан // Аналитические методы анализа и дифференциальных уравнений: тр. междунар. конф.: в двух томах. – Минск: Институт математики НАН Беларуси, 2012. – Т. 2. Дифференциальные уравнения. – С. 135 – 139.

The task $\{x, y\}$ – controllability in $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ for linear stationary singularyno of indignant systems with delay the third order with delay in a condition is considered. Sufficient conditions $\{x, y\}$ – controllability in $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ are considered at all rather small values of parameter of a singularynost. Conditions don't depend on parameter, are expressed through matrix parameters of system and have a rangovy appearance. Examples of application of the received conditions for the analysis $\{x, y\}$ – controllability in $L_2^3[t_1 - h, t_1] \times R^3$ are given.

Научный руководитель – **О. Б. Цехан**, доцент кафедры теории функций, функционального анализа и прикладной математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 519.872

И. С. СТЕПАНЕНКО

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА УЧЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОФСЕТНОЙ ТИПОГРАФИИ

Приведено описание комплексной технологии сбора учётных производственных данных для офсетной типографии. Введён ряд формальных определений. В основе реализации технологии лежит трёхуровневая модель автоматизации процессов планирования и учета производственного предприятия с позаказной формой организации работ. Технология описана в разрезе трёх блоков: материальный учет, учет поступления заказов в производстве и отгрузки готовой продукции, расчет себестоимости заказа.

Проблема автоматизации отечественных предприятий является одной из сфер государственного интереса. В связи с этим решение данной задачи является актуальной. В данной статье описывается реализованная технология сбора учетных производственных данных для офсетной типографии на платформе 1С:Предприятие 7.0.[1]. В данной работе под производственным заказом будем понимать базовый объект управления организацией производства конкретного изделия (работ, услуг) или набора изделий (работ, услуг). В качестве общей концептуальной схемы будем использовать трёхуровневую модель, предложенную в работе [2].

На 1-м уровне (уровне предприятия) обеспечивается учет заказов, на основании которых должна изготавливаться вся номенклатура продукции; в каждом заказе определяются обозначения, сроки изготовления, объемы партий заказа, данные об обязательствах, взятых предприятием перед своими контрагентами (заказчиками). Основная учетная единица на этом уровне — заказ, на основании которого изготавливается продукция согласно взятым обязательствам. В рамках данного уровня:

1) Вводится плановая и учетная информация по производственным заказам и партиям заказов на основе договорных обязательств; по производственной спецификации для каждой партии заказов.

2) На основе введенной на текущем уровне плановой учетной информации: формируется укрупненный план производства (объемный и номенклатурный); формируются потребности в необходимых материальных и трудовых ресурсах для исполнителей укрупненного плана; рассчитывается плановая себестоимость партий заказов.

3) На основе введенной фактической учетной информации на втором и третьем уровнях в ходе производственной деятельности: рассчитывается фактическая себестоимость заказов; формируется отчетность по результатам выполнения укрупненного плана.

На 2-м уровне (межцеховом) обеспечивается планирование, контроль и учет изготовления готовой продукции, а также учет перемещения полуфабрикатов между производственными подразделениями предприятия. Основная учетная единица на этом уровне — партия заказа или полуфабрикат.

Вводится информация следующего характера: для каждой партии заказа корректируется производственная спецификация с учетом требований реального производства; определяются плановые сроки запуска и выпуска (изготовления) каждой партии заказа (по каждому элементу межцехового технологического маршрута изготовления партии).

На основе введенной плановой информации на первом и втором уровнях: формируются номенклатурные планы запуска и выпуска партий заказов по цехам; производится расчет потребности в материалах и покупных комплектующих изделий (ПКИ) в установленные сроки;

Выписываются наряды исполнителям.

Вводится учетная информация в ходе производства: по фактическому выполнению технологических операций изготовления партий заказов и полуфабрикатов; по фактическому межцеховому перемещению полуфабрикатов.

На основе введенной учетной информации на текущем и 3-м уровне: формируется отчетность по состоянию хода изготовления партий заказов; формируется отчетность по результатам выполнения номенклатурных планов запуска и выпуска партий заказов.

Основным документом, определяющим задание исполнителю выступает наряд, который определяет задание офсетному цеху на изготовление заказа (партии заказа). Его назначение — собрать воедино всю необходимую информацию, однозначно определяющую, по каким документам и с выполнением каких требований и характеристик должен быть изготовлен конкретный объект управления – заказ.

На 3-м уровне (внутрицеховом) обеспечивается пооперационный учет изготовления партий заказа. Основная учетная единица на этом уровне — технологическая операция. На третьем уровне:

1) На основе наряд-заказов, сформированных на втором уровне, формируются рабочие наряды для исполнителей в производственных цехах;

2) Вводится учетная информация по фактическому выполнению рабочих нарядов.

3) На основе введенной учетной информации на текущем уровне: формируются отчеты о выполнении рабочих нарядов по исполнителям и оборудованию за любой выбранный период; рассчитываются прямые затраты по трудовым и материальным нормативам.

Далее приведём описание реализованной технологии сбора учетных производственных данных в разрезе трёх блоков: материальный учет, учет поступления заказов в производстве и отгрузки готовой продукции, расчет себестоимости заказа.

Материальный учет. Данные о всех материалах хранятся в справочнике «Материалы». Справочник является многоуровневым, структурированным для облегчения поиска и выбора необходимых элементов. Созданы каталоги в справочнике, соответствующие типу материалов, его особым характеристикам, либо местоположению на складе. Например: в корневом каталоге могут быть следующие подкаталоги: «Бумага», «Краски офсетные», а каталог «Бумага» может содержать следующие подкаталоги: «Мелованная», «Офсетная», «Картон» и т.д. (см. Рисунок 1).

Код	Наименование
0000001	Бумага меловка
0000004	Бумага меловка 65г.
0000014	Бумага меловка 80г.
0000005	Бумага меловка 90г.
0000006	Бумага меловка 115г.
0000001	Бумага меловка 130г.
0000015	Бумага меловка 135г.
0000007	Бумага меловка 150г.
0000008	Бумага меловка 170г.
0000009	Бумага меловка 200г.
0000010	Бумага меловка 250г.
0000011	Бумага меловка 300г.
0000012	Бумага меловка 350г.
0000013	Бумага меловка матовая и п/матовая

Рисунок 1 – Пример справочника «Материалы»

При поступлении материалов на предприятие необходимо создать документ «Поступление материалов». Для оптимизации складского учета, каждый материал характеризуется не только наименованием и характеристиками, но также закупочной ценой и упаковкой, в которой он хранится. Упаковкой могут являться: паллета, ящик, рулон, бобина и т.д. При вводе материала данные об упаковке можно опустить, в случае, если они отсутствуют, либо не существенны. Например: на склад поступает бумага Мелованная с граматурой 90, в паллете с номером 99, по цене 0,14 евро.

При списании материалов в производстве используется документ «Передача материалов в производство». Данный документ выписывается на основании документа «Технологическая карта», для производства которой был использован данный материал. Например: со склада, для производства «Технологическая карта 1742», была взята бумага Мелованная с граматурой 90, в паллете с номером 99, по цене 0,14 евро. После окончания производства оформляется документ «Списание материалов из производства», на основании той же технологической карты.

Если списывать материал на основании конкретной технологической карты невозможно, можно использовать документ «Списание материалов». Принцип его заполнения – аналогичен принципу заполнения документа «Поступление материалов». Данные документы создаются человеком, ответственным за складской учет.

Учет поступления заказов в производстве и отгрузки готовой продукции. Для хранения данных обо всех контрагентах, с которыми работает предприятие, предназначен справочник «Контрагенты». Для хранения данных о продукции, производимом предприятием, используется справочник «Номенклатура». После того как итоговый вид готовой продукции был утвержден менеджер выписывает документ «Наряд». Он содержит в себе данные о продукции, ее тираж, бумагу, которую рекомендуется использовать при производстве, данные об упаковке, работах, которые необходимо выполнить для получения готовой продукции и т.д. Пример: наряд на производство буклета «Зов-мебель», заказанной «БелМедиаПринт», размером 21x29,7, на бумаге «Меловка 150г.» и т.д. (рисунок 2).

Рисунок 2 –Документ «Наряд»

Перед началом производства, начальник производства выписывает технологическую карту, основанием для которой будет являться ранее выписанный наряд. В данной технологической карте, указываются данные, которые будут использованы при производстве, это: тираж, бумага (может быть несколько типов), размеры (готовой продукции, печатного листа), данные об упаковке, данные о необходимом количестве материалов, необходимых для производства, послепечатные работы, которые будут производиться. После выписки данной технологической карты, она передается в производственный цех, где в соответствии с указанными данными выполняется печать. Данный документ служит не только для хранения данных, но так же и для облегчения расчетов планировании производства, например: расчет затрачиваемых материалов, расположение готовой продукции на печатном листе, расчет времени необходимого для выполнения того или иного вида послепечатной обработки.

После того как была выписана технологическая карта, начальник производства, используя отчет «Планирование работ», может сформировать план работ на день, для конкретного отдела послепечатной обработки, либо печатника, которого они будут придерживаться. Так же это позволяет увидеть незанятые отделы, и скорректировать производство, для оптимального использования трудовых ресурсов.

После того как производство было завершено, человек, ответственный за склад готовой продукции, выписывает документ «Поступление готовой продукции». Данный документ выписывается на основании технологической карты, и служит основанием для ее закрытия, т.е. как только на склад поступил весь запланированный технологической картой тираж, она считается завершенной, и необходимо в этой технологической карте поставить отметку о выполнении.

После окончания процесса производства, может пройти некоторое время, прежде чем готовая продукция будет отгружена заказчику. Для отражения того, что товар отгружен, выписывается документ «Отгрузка гото-

вой продукции». Данный документ выписывается на основании наряда, и является основанием для его закрытия. Также в нем содержится информация о реальном количестве произведенной продукции, поэтому после закрытия наряда, при расчете заработка используется не запланированный тираж, а реально отгруженный.

Данные о заказах можно получить в двух видах, в первом случае, для анализа используются данные, находящиеся в нарядах, а во втором случае, используются данные, находящиеся в технологических картах.

В отчете по нарядам выводится список документов «Наряд». Он содержит в себе такие данные как: заказчик, заказ, бумага, стоимость, которую планируется поучить после производства, планируемая себестоимость и т.д. Все эти данные позволяют быстро провести анализ и увидеть, какие заказы являются рентабельными, а какие нет.

Отчет по технологическим картам представляет собой отчет, схожий с предыдущим, с той только разницей, что используются документы «Технологическая карта», вместо «Наряд». Также выводятся данные о том, были ли переданы материалы в производство по данной технологической карте, либо – нет, и если были переданы, то на какую сумму. Это позволяет следить за перерасходом материалов, например, в случае появления брака.

Расчет себестоимости заказа. При создании наряда необходимо помнить, что производимая продукция может не быть простой (листовка, этикетка и т.д.), а может состоять из отдельных компонент (настенный перекидной календарь состоит из: подложки и самого календаря), которые производятся различными способами, из различных материалов. Для таких случаев нет необходимости формировать несколько нарядов, а достаточно просто в свойствах заказа указать, что он является составным, и уже тогда указывать конкретные свойства, для каждой конкретной его части.

Для данной конфигурации был разработан простой калькулятор заказа, который позволяет менеджеру просчитать себестоимость производства того или иного заказа, а также цену, которую надо выставить заказчику. Данный калькулятор обладает тем преимуществом, что для его использования требуются минимальные знания и затраты времени. Менеджеру необходимо только выбрать машину печати, тип бумаги, размеры готового изделия и упаковку. Из недостатков этого калькулятора следует выделить то, что он не дает возможности рассчитать стоимость производства «сборки».

Сложный калькулятор заказа является, по сути, копией документа «Технологическая карта». При создании технологической карты на «сложный» наряд необходимо указывать тираж не готового продукта, а печатаемой компоненты. Например: имеется журнал, с тиражом 1000 экз., он состоит из 20 страниц, поэтому при составлении технологической карты необходимо будет выбрать тираж: 1000×20 экз. страниц. В процессе производства «сложного» наряда, компоненты готовой продукции могут поступать не одновременно, т.е. для журнала может быть отпечатана его обложка, но не отпечатаны остальные страницы. Поэтому для таких случаев при оформлении поступления готовой продукции на склад нужно создавать не документ «Поступление готовой продукции», а связку документов «Поступление комплектующих» и «Сборка готовой продукции», первый из которых вводится на основании соответствующей технологической карты, а второй – на основании наряда. Далее отгрузка регистрируется также, как и в случае с обычным заказом.

Несмотря на то, что на текущем этапе разработки данный продукт обладает ограниченной функциональностью, уже сейчас он позволил повысить скорость обработки заказов, за счет автоматизации многих операций, которые ранее выполнялись вручную начальником производства или менеджерами. Так же возможность программы приблизительно оценить стоимость производства, еще до его фактического начала позволила предприятию сэкономить деньги, отказавшись от заведомо невыгодных заказов. Функции программы, направленные на учет материалов, помогли лучше оценить финансовое состояние предприятия, т.к. позволили лучше отслеживать потоки материалов, а так же готовой продукции на предприятии. В будущем планируется внедрить в данный продукт систему норм расходов материалов, что поможет еще больше повысить скорость обработки заказов. Так же планируется, на основе собранных за время работы данных, организовать планирование производства в будущих периодах.

Список литературы

1. 1С:Предприятие 7.7. Конфигурирование и администрирование. Часть 1 / Группа разработки документации и программ: В. Байдаков [и др.]. – М.: Фирма «1С», 1999. – 400 с.
2. Семенчук, Н. В. Концепция комплексной автоматизации процессов планирования и учёта для производственного предприятия / Н.В. Семенчук // Информационные системы и технологии: материалы международного научного конгресса, Минск 31 октября – 3 ноября 2011 года. – Часть 1. – С. 231 – 234.

The description of complex technology of collecting registration production data for offset printing house is provided. A number of formal definitions is entered. In a basis of realization of technology the three-level model of automation of processes of planning and the accounting of manufacturing enterprise with a order form of the organization of works lies. The technology is described in a cut of three blocks: the material account, the accounting of receipt of orders in production and shipments of finished goods, calculation of prime cost of the order.

Научный руководитель – Н. В. Семенчук, доцент кафедры стохастического анализа и эконометрического моделирования, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 004.91+347.78.031

А. В. УСИКОВ, В. А. ЛОМАКИН

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ И ГИБКОЙ АРХИТЕКТУРЫ КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ВЕБ-СИСТЕМ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ НА СБОРЕ И АНАЛИЗЕ РАЗЛИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Приводятся основные подходы к реализации универсального и гибкого архитектурного решения клиентской части веб-систем. Описаны преимущества составного подхода к организации архитектуры, функциональных возможностей клиента. В частности, описана возможная интеграция клиента с инфраструктурой системы, которая поддерживает лазерную экспрессную экспертизу.

Введение. Общий подход к построению универсального клиента. Системы, существующие на текущий момент и содержащие сложную инфраструктуру для сбора и анализа данных, предоставляют конечному потребителю некоторую клиентскую оболочку для взаимодействия с ней. Существует множество оптимальных путей реализации подобного рода оболочек: монолитные приложения или приложения, при разработке которых используется модульный подход. Однако выбор конкретного типа тесно связан с требованиями и решением конкретной задачи.

Эффективным средством для решения многих проблем, связанных с интеграцией данных в приложения, является разделение приложения на отдельные, полунезависимые части, которые затем могут быть легко встроены в приложение-оболочку для формирования цельного решения. Приложения, которые спроектированы и построены таким образом, часто называют составными приложениями.

Разработанный с помощью данного подхода каркас архитектуры клиента является универсальным: существует легкая модификация и адаптация для встраивания в какие-либо сложные системы.

Отметим, что основными требованиями к построению такого клиента являются универсальность, гибкость, легкая и быстрая расширяемость, легкая интеграция с различными системами сбора и анализа данных.

Перечислим основные возможности предлагаемого клиентского решения. Итак, клиент имеет в наличии специально разработанный модуль абстрактного представления, которое способно свободно отображать данные модели системы. При этом стоит отметить, что модуль легко расширяется путем добавления новых видов и форматов отображений и, при этом, выбор наиболее приемлемого формата берет на себя, именно, представление.

Клиент может выступать как веб-клиент системы, с которой он интегрируется, так и как десктоп-клиент. Функциональная составляющая клиента в режиме реального времени выполнения может динамически изменяться благодаря имеющейся составной архитектуре, к которой могут добавляться новые функциональные модули.

Существует возможность работы клиента либо в режиме оболочки для самостоятельной системы, либо в автономном режиме со встроенной в клиента собственной базой данных. Интерфейс клиента легко настраивается и, поэтому для каждой роли, для каждого пользователя существует возможность организации и персональной конфигурации интерфейса [1].

Многоуровневая архитектура. Для реализации универсального клиента применена многоуровневая архитектура [2, 3]. В предлагаемом решении многоуровневая архитектура обеспечивает группировку связанной функциональности приложения в разных слоях, организованных иерархически. Функциональность каждого слоя объединена общей ролью или ответственностью. Между слоями осуществляется обмен данными. Правильное разделение приложения на слои помогает поддерживать строгое разделение функциональности, что в свою очередь, обеспечивает гибкость, а также удобство и простоту обслуживания.

Отметим, что слои в клиентском приложении могут размещаться физически на одном компьютере (на одном уровне) или же быть распределены по разным компьютерам (n-уровней). Связь между компонентами разных уровней осуществляется через строго установленные интерфейсы.

На рисунке 1 приведены основные логические слои архитектуры разработанного клиента.

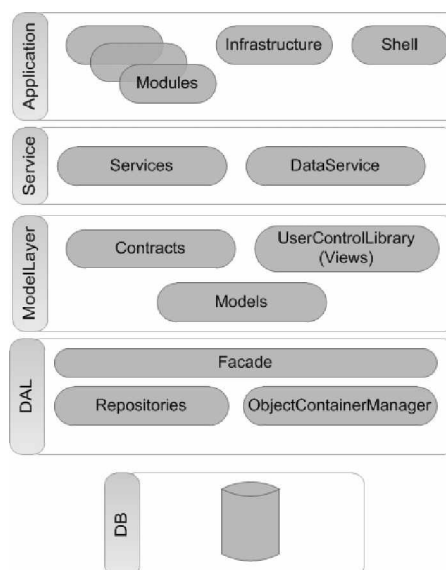


Рисунок 1 – Многоуровневая архитектура универсального клиента

Пример интеграции универсального клиента с системой, поддерживающей лазерную экспрессную экспертизу. Предлагаемая система, поддерживающая отдельные этапы лазерной экспрессной экспертизы, специализируется на поддержке цифровых баз данных основных химических элементов, визуализации основных линий частотных спектров, а также обработке данных связанных с проведением материаловедческой экспертизы и исследований технологических изделий, историко-художественных ценностей, объектов окружающей среды, биоструктур. Указанная система также позволяет автоматизировать процессы хранения, поиска и анализа данных материаловедческой экспертизы с целью их дальнейшей обработки и получения требуемых экспертных оценок.

В общем случае интеграция универсального клиента с системой, поддерживающей лазерную экспрессную экспертизу, сводится к следующему:

1. Получить доступ к данным системы и сформировать обобщенную модель.
2. Организовать адаптированную систему отображений для сформированных ранее моделей.
3. Организовать модуль графического отображения моделей.

Разрабатываемая система предоставляет клиентам специальную некоторую общую точку доступа к данным. Клиент адаптирует модель системы к своей абстрактной модели. Это происходит мгновенно и с наименьшими изменениями в исходных кодах клиента. Некоторая сложность возможна при организации специфического графического отображения данных, однако клиент содержит в себе универсальный модуль отображения, который будет выбран при представлении данных как более оптимальный. Однако для визуализации основных линий частотных спектров необходимо разработать отдельный модуль, который дает более детальное и оптимизированное под данные представление.

На рисунке 2 изображена поэтапная схема интеграции клиента с вышеописанной системой, поддерживающей лазерную экспрессную экспертизу.

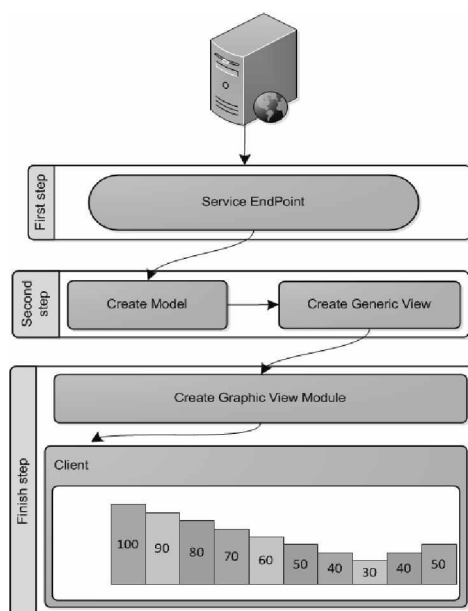


Рисунок 2 – Пример интеграции с системой, поддерживающей лазерную экспрессную экспертизу

Основные выводы. Таким образом, была организована гибкая архитектура клиентского приложения, которая с наименьшими изменениями своих структурных модулей и модели позволяет оперативно и корректно отобразить данные сторонних веб-систем. Описаны основные преимущества полученной архитектуры и взаимодействия ее слоев между собой. Клиент, благодаря своей легкой расширяемости и гибкости, обретает возможности всестороннего интегрирования с различными веб-системами, специализирующихся на самых разнообразных данных и функциональности.

Список литературы

1. Нейгел, К. C# 2008 и платформа .NET 3.5 для профессионалов / К. Нейгел, Б. Иввен, Дж. Глинн, К. Уотсон, М. Скиннер, пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс» 2009. – 1392 с.
2. Рудикова, Л. В. Использование средств PowerDesigner для поддержки задач проектирования / Л. В. Рудикова // Управление в социальных и экономических системах: материалы XV междунар. науч.-практ. конф. – Минск: 2006. – С. 211 – 212.
3. Microsoft Patterns & Practices Team. «Microsoft® Application Architecture Guide». Microsoft Press-2009. – 560 с.

Article presents main approaches to the implementation of a universal and flexible architectural solution client-side web-based systems. The advantages of a composite approach to the organization of architecture and functionality of the client. In particular, describe the possible integration of client with the infrastructure system that supports the laser express expertize.

Научный руководитель – Л. В. Рудикова, доцент кафедры программного обеспечения интеллектуальных и компьютерных систем, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 37.016:51:005.935.33

М. Г. ШЛЫК

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Нашли отражение теоретические и прикладные основы выбора и использования тестирования при диагностике результатов учебной деятельности на уроках математики. Приводятся примеры и рекомендации по составлению тестов и математико-статической обработке результатов тестирования.

За последние десятилетия в мире изменились приоритеты образования. Прежде ценились знания сами по себе, теперь же на первое место вышли общеучебные умения: приобретать и эффективно использовать знания. Причины данного изменения понятны: в настоящее время знания быстро устаревают или оказываются недостаточными, а значит нужно овладеть способами их обновления и пополнения. От того, как учащийся сможет применить знания, насколько он компетентен, зависит его будущее. Это не только умение получать и применять знания, но и коммуникативные навыки, навыки самоконтроля и самооценки, развитие творческих способностей, умение оперировать имеющимся материалом.

Одной из задач учителя математики является планирование контроля качества знаний, разработка его содержания, форм и методов его проведения, анализ результатов этого контроля, с целью коррекции содержания образования, методических приемов, методов, форм организации деятельности учащихся в учебное время [1].

Если говорить о традиционной проверке знаний, умений и навыков учеников, которая лишь констатирует результаты обучения, то мы будем иметь дело с контролем знаний, умений. Можно расширить эти представления, включив компетентность учащихся (рассматривая результаты в связи с путями и способами их достижения) до диагностирования.

Немецким ученым К. Ингекампом был введен в науку в 1968 г. термин «педагогическая диагностика». Под диагностикой он понимал процесс, в ходе которого учитель наблюдает за учащимися, проводит анкетирование, обрабатывает данные наблюдений и опросов с целью описать их поведение, объяснить его мотивы или предсказать поведение в будущем. В педагогическом словаре педагогическая диагностика определяется как подраздел педагогики, изучающий принципы и методы распознавания и изучения признаков, характеризующих нормальный или отклоняющийся от норм ход педагогического процесса. Этим же термином С.С. Кашлев обозначает процесс изучения изменения состояния участников педагогического процесса, а также самой педагогической деятельности и педагогического взаимодействия [2].

Целями диагностирования являются выявление, оценивание, анализ и коррекция учебного процесса для его эффективности и продуктивности.

Процедура диагностики: определение объекта; постановка целей; определение критериев и показателей; отбор средств, методов и их применение; анализ результатов; учет результатов диагностики при организации процесса обучения, прогнозирование последующего развития.

Среди наиболее распространенных методов контроля выделяют: устный контроль, письменный контроль, графический контроль, тестовый контроль, само- и взаимоконтроль.

В данной работе средством диагностики нами было выбрано тестирование. Диагностическое тестирование – эффективное средство систематизации знаний и управление качеством обучения математике. Контроль в форме тестирования дает возможность проверить учащихся по большому объему изученного материала и получить объективное представление о системе их знаний, умений, навыков и уровню сформированности компетентности. Такой контроль обеспечивает эффективную обратную связь. Эффективность использования тестов повышается, если учитывать целевое направление диагностики [4].

Целью данной работы явилось изучение различных подходов и рекомендаций к составлению тестов. На основании изученного материала мы использовали следующий алгоритм составления тестов:

1) определение целей тестирования: установление степени подготовленности к усвоению нового учебного материала, предупреждение неуспеваемости, проверка умения давать определения понятий, объяснение их сути, проверка знания формул, законов, методов, умение применить их, оценка знаний специфических фактов, терминов, понятий, ранжирование учащихся;

2) определение вида (направления) контроля – входной, промежуточный, тематический, итоговый;

3) выбор формы тестового задания, в зависимости от целей тестирования и содержания;

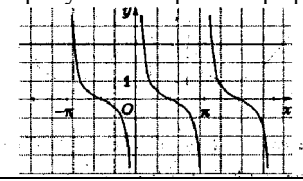
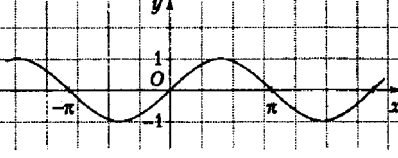
4) формулирование инструкции, текста задания и ключа (инструкция, определяющая характер интеллектуальной деятельности учащихся: должна быть четкой, понятной для выполнения);

5) использование методических советов: основной текст задания содержит не более 8-10 слов; каждый тест выражает одну идею, мысль; задания краткие, четкие, имеют утвердительную, а не вопросительную форму; формулировка заданий не содержит двусмысленностей, а также слов как "иногда", "часто", "обычно"; ответ на один вопрос не зависит от ответов на другие вопросы; тесты располагаются по возрастанию трудности, правильные ответы распределяются в случайном порядке;

6) включение в тест заданий разнообразных по форме, содержанию, разно-уровневых по степени сложности и количеству, достаточно полно охватывающих материал проверяемой темы.

Используя приведенный алгоритм, нами был разработан промежуточный тест по теме: «Тригонометрические функции», который был апробирован на выборке из 35 учащихся 10-го класса химико-биологической и филологической направленности.

Часть А

1	На рисунке изображен график функции 	1) $y = \sin x$; 2) $y = \cos x$; 3) $y = \operatorname{tg} x$; 4) $y = \operatorname{ctg} x$.
2	Функция $y = \cos x$ периодическая с наименьшим положительным периодом	1) 2π ; 2) $\frac{\pi}{2}$; 3) 2; 4) 2π .
3	Функция $y = \sin x$ возрастает на промежутке 	1) $[-1; 1]$; 2) $\left[-\frac{\pi}{2} + 2\pi n; \frac{\pi}{2} + 2\pi n\right], n \in \mathbb{Z}$; 3) $[0; \pi]$; 4) $\left[2\pi n; \frac{\pi}{2} + 2\pi n\right], n \in \mathbb{Z}$.
4	Областью значений функции $f(x) = \operatorname{tg} x$ является	1) \mathbb{R} ; 2) $[-1; 1]$; 3) $x \neq 90^\circ$; 4) $x \neq \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$.

Часть В

В1	Расположите в порядке возрастания $\operatorname{ctg} \frac{\pi}{5}; \operatorname{ctg} \frac{3\pi}{4}; \operatorname{ctg} \frac{6\pi}{10}$.	
В2	Укажите множество значений функции $f(x) = 3 \sin x + 2$.	
В3	Найдите область определения функции $y = \frac{12x}{\cos x - 1}$.	
В4	Решите неравенство $\sin \frac{4x}{3} \geq 0$.	

Часть С

С1. Установите, четной или нечетной является функция $f(x) = 2 \sin^4 x \operatorname{ctg}^5 x^3$.

С2. Найдите наименьший положительный период функции $y = \operatorname{ctg} 2x - 2 \sin \frac{4x}{3}$.

Следующий этап данной работы – обработка результатов тестирования с использованием математико-статистических методов, которая проводилась с целью улучшения качества теста.

Этап математико-статической обработки данных можно разделить на ряд шагов.

Шаг 1. Формирование матрицы тестовых результатов. Результаты ответов испытуемых оценивались дихотомически: за каждый правильный вариант – один балл, за неправильный или пропуск задания – нуль баллов. Далее данные сводились в таблицу, строки которой состоящие из нулей и единиц соответствовали ответам учащихся на различные задания теста.

Шаг 2. На втором шаге из матрицы тестовых результатов устранялись строки и столбцы, состоящие только из нулей или только из единиц. В нашем случае таких строк две и один столбец. Они состоят из единиц. Такие образом, данный тест непригоден для тестирования двух учащихся по причине излишней легкости. Результаты указывают лишь на знание изложенного материала, не позволяя выявить истинный уровень подготовленности. Излишнюю легкость имеет и одно из заданий теста, на которое все учащиеся ответили верно. Оно должно быть исключено из теста, дополнено, заменено на альтернативное задание либо на задание более высокого уровня сложности.

Шаг 3. На третьем шаге осуществлялся подсчет индивидуальных баллов каждого тестируемого, суммированием всех единиц полученных им за выполнение заданий теста и общее количество правильных ответов на каждое задание теста. Строки матрицы упорядочивают по возрастанию индивидуальных, а столбцы – по убыванию суммарных баллов.

Шаг 4. На четвертом шаге производим графическую интерпретацию эмпирических данных. Результаты тестирования можно представить в виде полигона частот и гистограммы. Для построения кривых удобно использовать частотное распределение.

Для построения полигона частот по горизонтальной оси откладываем тестовые баллы, а по вертикальной – частоту появления каждого балла.

Гистограмма – последовательность столбцов с высотой пропорциональной частоте наблюдаемых баллов, опирающихся на единичный интервал.

Для более четкой интерпретации эмпирических данных мы использовали полученные графические результаты, дополнив их вычислением определенных величин.

Шаг 5. На пятом шаге вычисляют величины, служащие мерами изменчивости.

Следует отметить, что для правильно сконструированного теста кривая эмпирического распределения должна соответствовать кривой нормального распределения. Для данного распределения центр симметрии (мода) – 6. Это такое значение тестовой оценки, которое встречается в выборке наиболее часто. При подсчете было установлено, что среднее выборочное $X = 5,81$. При нормальном распределении половина результатов, расположенная ниже моды, в точности должна совпадать со второй половиной, расположенной выше, а мода и среднее значение должны быть равными. В нашем случае смещение среднего значения говорит о излишне легкой подборке заданий. Хотя на малых выборках мода и среднее выборочное часто теряют свой смысл.

Следующим элементом являлся подсчет дисперсии, который основан на вычислении отклонений (колебаний) каждого значения от среднего в выборке. Для индивидуальных баллов значения отклонений выражают меру неоднородности результатов по тесту. Было установлено, что дисперсия $D = 1,85$. При корректировке теста следует обратить внимание на следующий факт: если проверка согласованности эмпирического распределения с нормальным дает положительные результаты, а дисперсия растет, то это означает, что происходит повышение дифференцирующей способности теста и процесс его улучшения.

Дисперсия дает возможность вычислить важную характеристику колеблемости – среднее квадратичное отклонение. Используя при вычислениях формулы математической статистики, мы получили величину $\sigma = 1,36$. Среднее квадратичное отклонение характеризует степень отклонения результатов тестирования от среднего значения в абсолютных единицах. По нему судят о плотности выборки: чем больше значение среднего квадратичного отклонения, тем меньше плотность распределения тестовых оценок. С его помощью можно увидеть пределы, в которых сосредоточены основные результаты тестирования. В нашем случае основные результаты сосредоточены в пределах $[4,45; 7,17]$.

Также одной из основных вычисляемых величин является асимметрия. Имеем $As = 0,014$. Асимметрия распределения положительна (относительно нормального распределения должна быть равна нулю), значит некоторая часть значений индивидуальных баллов (в нашем случае незначительная) лежит справа от среднего значения, что характеризует излишне легкий тест.

На практике кривая эмпирического распределения не всегда колоколообразна и симметрична. Для многих распределений характерна островершинность или плосковершинность. В нашем случае имеем: эксцесс $Ex = 2,14$ (островершинность кривой распределения), что требует корректировки тестовых заданий. Такое значение эксцесса указывает на недостаточную дифференцирующую способность теста, так как большое количество тестовых баллов сконцентрировано в сравнительно близкой окрестности моды.

Еще раз отметить, что результаты тестирования на рассматриваемой выборке, характеризующие правильно сконструированный тест должны соответствовать нормальному распределению.

Использование тестирования как метода диагностики позволяет экономить время опроса, создаёт комфортную рабочую обстановку в классе.

Но не следует рассматривать диагностическое тестирование как универсальный, абсолютный метод контроля и сводить педагогическую диагностику к простому тестированию, потому что не все характеристики усвоения учебного материала можно получить с помощью тестирования. Например, продемонстрировать творческие способности, умение логически мыслить, умение приводить примеры и контр-примеры, к сожалению, диагностировать с помощью тестов невозможно.

Потому тестирование, как один из методов педагогической диагностики, следует использовать в комплексе с другими методами и формами контроля, а тест должен стать одним из средств контроля обученности учащихся.

Список литературы

1. Трыкина, О. В. Совершенствование традиционных форм контроля и диагностики учебных достижений в современных условиях: доклад / О. В. Трыкина. – Вязники, 2011. – 8 с.
2. Психология. Диагностика в обучении: сущность и технология / Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] /. – Режим доступа: <http://www.psihologija.com> – Дата доступа: 29.04.2012.
3. Майоров, А. Н. Мониторинг в образовании. Книга 1 / А. Н. Майоров. – М.: Издательство «Образование и культура», 1998. – 344 с.
4. Золотухина Л. В. Диагностическое тестирование – эффективное средство систематизации знаний и управления качеством образования / Л. В. Золотухина // Научно-методический сборник. – 2009. – № 1. – С. 82 – 83.
5. Гуцанович, С. А. Тестирование в обучении математике: диагностико-дидактические основы / С. А. Гуцанович, А. М. Радьков. – Мозырь: Белый Ветер, 2001. – 168 с.

Testing allows the diagnostics of the results of learning, setting the level of academic achievements, the degree of competence. Due to its advantages it may be productively used in combination with other approaches of control for providing effective feedback according to the goals of diagnostics.

Научный руководитель – Ю. Я. Романовский, доцент кафедры алгебры, геометрии и методики преподавания математики, кандидат физико-математических наук, доцент.

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 666.9.015.42

А. И. АДАШКЕВИЧ, Е. С. СТЕЛЬМАШУК

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОГО НАПРЯГАЮЩЕГО ЦЕМЕНТА ДЛЯ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ РАСТВОРОВ

Представлены результаты исследований влияния добавки извести на деформации расширения самоуплотняющихся растворов на основе напрягающего цемента. Получены диаграммы развития самонапряжения опытных образцов самоуплотняющихся растворов во времени. Определено оптимальное содержание добавки извести в самоуплотняющихся растворах на основе напрягающего цемента.

Составы самоуплотняющихся растворов отличаются от традиционных наличием мелкодисперсных добавок-наполнителей или модификаторов вязкости, а также обязательным использованием супер- или гиперпластификаторов. Введение этих компонентов в самоуплотняющиеся растворы на основе напрягающего цемента, как правило, оказывает влияние на деформации расширения. Выполненные исследования [1,2] показали, что присутствие в цементном камне мелкодисперсного наполнителя уменьшает энергоактивность матрицы, а применение традиционных суперпластификаторов поверхностно-активного принципа действия оказывает существенное влияние на деформации расширения. Улучшить свойства напрягающего бетона с точки зрения получения более высоких характеристик расширения позволяет использование четырехкомпонентного напрягающего цемента. Вместе с тем применение четырехкомпонентного напрягающего цемента позволяет не только получать более высокие характеристики расширения, но и обеспечивать стабильность сульфоалюминатных фаз в цементном камне во времени [3,4].

Поскольку целью настоящей работы является получение напрягающих бетонов, выполненных из самоуплотняющихся смесей, то главным объектом данного фрагмента исследования было выявление влияния при введении извести в композиции четырехкомпонентных напрягающих цементов.

Для получения максимальных деформаций расширения самоуплотняющихся бетонов на основе напрягающего цемента необходимо обеспечить ряд условий:

- применять напрягающие цементы с высокой энергией расширения;
- увеличить расход напрягающего цемента для обеспечения достаточного количества расширяющегося компонента в бетоне;
- уменьшить водо-вяжущее отношение;
- уменьшить количество микронаполнителя;
- использовать суперпластификаторы, не снижающие самонапряжения, либо ограничить дозировку суперпластификаторов, уменьшающих величину самонапряжения.
- использовать более мелкую фракцию заполнителя для уменьшения эффекта внутреннего ограничения.

Обозначенная выше задача может решаться при использовании четырехкомпонентного напрягающего цемента.

Опыты в начале разработок различных расширяющихся вяжущих (ВРЦ, ВБС) показали, что создание среды гидроокиси кальция в течении всех операций образования высокоосновного гидроалюмината кальция и гидратов сульфоалюминатов кальция всех форм ускоряет гидратацию глиноземистого цемента и вводит в соответствующее русло возникновение низкосульфатной и высокосульфатной форм гидратов сульфоалюмината кальция [3].

В работе [4] проведены исследования, в которых была проверена возможность затормаживания процессов гидратации НЦ в направлении преимущественно образования моноссульфоалюминатов кальция путем введения добавки извести при помоле и нагревом затвердевшего цементного камня до высокой температуры.

Существенным для химических процессов образования гидросульфоалюминатов кальция является присутствие в расширяющем компоненте свободной извести, в частности извести-кипелки. Такая известь гидратируется очень быстро: достаточно нескольких часов чтобы гидратация закончилась. Когда свободная известь включена в состав расширяющего компонента, то, гидратируясь, она быстро понижает количество свободной воды в цементном камне, снижая быстроту образования гидросульфоалюмината кальция и насыщение его водой [5].

Поскольку целью настоящей работы является получение напрягающихся самоуплотняющихся бетонов, главным объектом исследования была добавка извести в четырехкомпонентных напрягающих цементах.

Методика исследования. С целью более точного определения реологических характеристик исследования производились на самоуплотняющихся растворах. Отношение напрягающего цемента к наполнителю в составе 3 принято с учетом требований по достижению наибольших деформаций расширения. Составы и характеристики растворов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы и характеристики растворов

Номер состава	Фактический состав растворов						Содержание компонентов в напрягающем цементе, %				Технологические характеристики	
	Напрягающий цемент, кг/м ³	Вода, кг/м ³	Доломитовая мука, кг/м ³	Песок, кг/м ³	Vinnapas, % по весу воды	Melment F10, % по весу цемента	Портландцемент класса 42,5	Глиноземистый цемент	Гипс	Известь	Расплав конуса, см	Время истечения из V-образной воронки, с
1	886,6	311	-	1060	-	-	77,00	13,00	10,0	-	-	-
2	886,6	311	-	1060	-	-	75,82	12,80	9,85	1,54	-	-
3	886,6	311	-	1060	-	-	74,69	12,61	9,70	3,00	-	-
4	886,6	311	-	1060	-	-	73,45	12,40	9,54	4,62	-	-
5	592,1	299	293	1060	-	1	74,69	12,61	9,70	3,00	25	10
6	886,6	311	-	1060	3,315	0,63	74,69	12,61	9,70	3,00	25	10

В выполненных исследованиях применялась известь производства ОАО "Забудова". Технические характеристики извести приведены в таблице 2. Данные о химическом составе цемента представлены в таблице 3. В качестве мелкодисперсного наполнителя использовали минеральный доломитовый наполнитель Витебского ОАО «Доломит» (истинная плотность 2650 кг/м³, удельная поверхность 2900 см²/г). Мелкий заполнитель - песок Сморгоньского карьера с модулем крупности $M_k=2,32$. Для получения требуемой подвижности использовали суперпластификатор, с коммерческим названием Melment F10 (на базе сульфированных меламинаформальдегидов), В качестве модификатора вязкости использовали препарат с коммерческим названием Vinnapas Re 5044N, являющимся редисперсионным порошком на основе сополимера винилацетата, одним из показателей которого является улучшение водоудерживающей способности цементных систем.

Таблица 2 – Технические параметры гидратной извести второго сорта

№	Наименование параметра	По ГОСТ 9179-77	Известь ОАО «Забудова»
1	Содержание CaO + MgO, %	не менее 67	61-64
2	Содержание CO ₂ , %	не более 5	2,5-4,5
3	Влажность, %	не более 5	max 0,6-1
4	Остаток на сите d 0,2 мм, %	не более 1,5	max 1
5	Остаток на сите d 0,08 мм, %	не более 15	1

Таблица 3 – Химический состав цемента

Компоненты	Содержание окислов, %					
	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	C ₃ A	MgO	CaSO ₄ *2H ₂ O
Портландцемент класса 42,5	4,6	64,88	2,14	5	1,61	-
Глиноземистый цемент	34,92	35,5	0,79	-	-	-
Гипс	-	-	-	-	-	73,2

Измерение деформаций свободного расширения и самонапряжения производили по стандартным методикам [6].

Результаты исследования. Как следует из рисунка 1 до возраста примерно 14 суток происходило интенсивное расширение образцов базового состава. Затем происходила стабилизация процесса. Рост самона-

пряжения опытных образцов с добавкой извести продолжался также и после 14 суток, в результате чего его значение превысило самоупрежение образцов базового состава.

Стабилизация процесса расширения с связанных условиях завершилась примерно на 40 сут. Максимальное значение самоупрежения показали образцы состава 5, при этом это превышение было больше на 20 % относительно образцов базового состава. самоупрежение образцов самоуплотняющихся растворов без микронаполнителя (состав 4) и с применением четырехкомпонентного напрягающегося цемента оказалось примерно равным базовому, что показывает рациональность применения четырехкомпонентных напрягающих цементов для составов самоуплотняющихся бетонов, при этом компенсируется добавкой извести негативное влияние суперпластификатора на деформации расширения. Применение четырехкомпонентного напрягающегося цемента для самоуплотняющихся растворов с мелкодисперсным наполнителем позволило также получить состав с более высокими значениями деформаций расширения.

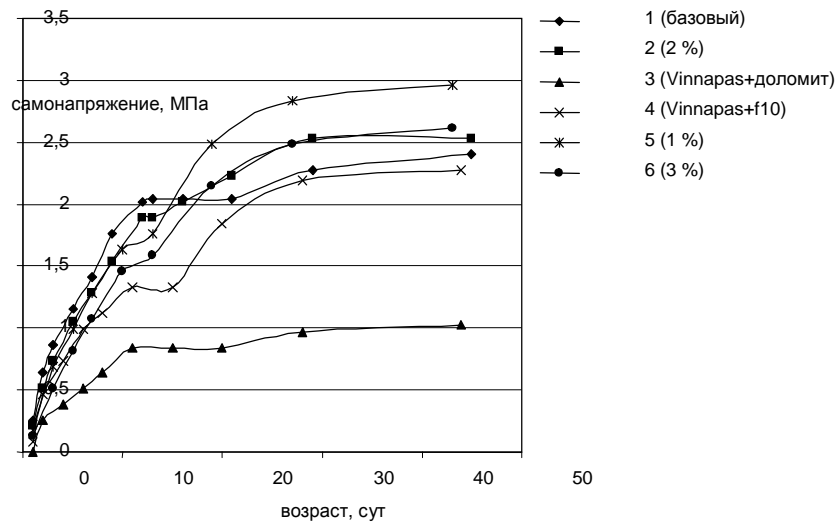


Рисунок 1 – Графики развития самоупрежения опытных образцов самоуплотняющихся растворов во времени

Как следует из рисунка 2 стабилизация процесса расширения в свободных условиях образцов базового состава происходит примерно на 14 сут, в то время как при наличии добавки извести процесс стабилизации происходит несколько позже примерно на 20 сут. образцы составов 2 и 5 разрушились в результате их большой энергоактивности.

деформации свободного расширения, %

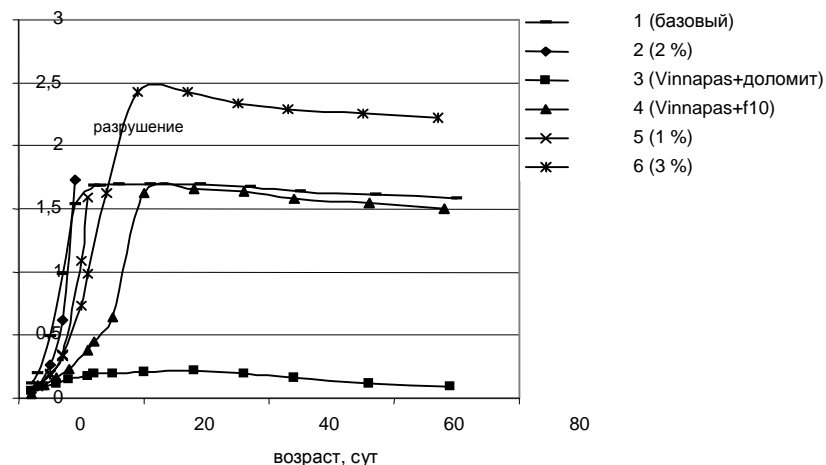


Рисунок 2 – Графики развития деформаций свободного расширения опытных образцов самоуплотняющихся растворов во времени

Рост деформаций расширения образцов с использованием четырехкомпонентного напрягающегося цемента происходит до 14 суток более медленно, чем у образцов базового состава, при этом стабилизация процесса расширения происходит несколько позже, что способствует получению составов с более высокой энергоемкостью.

Самонапряжение образцов самоуплотняющихся растворов без микронаполнителя (состав 4) и с применением четырехкомпонентного напрягающегося цемента оказалось примерно равным базовому, что указывает на рациональность применения четырехкомпонентных напрягающих цементов для составов самоуплотняющихся бетонов, при этом компенсируется введением добавки извести негативное влияние суперпластификатора на деформации расширения.

Применение четырехкомпонентного напрягающегося цемента для самоуплотняющихся растворов с мелкодисперсным наполнителем позволило также получить состав с более высокими значениями деформаций расширения. Максимальные деформации расширения показали образцы в составах напрягающегося цемента которых содержалось 1 % извести.

Список литературы

1. Астафьев, Я. В. Основные технологические параметры растворной части самоуплотняющихся бетонов на основе напрягающегося цемента / Я. В. Астафьев // Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. строительство и архитектура. – 2004. – № 1 (25). – С. 149 – 153.
2. Астафьев, Я. В. Особенности подбора композиций самоуплотняющихся бетонных смесей на основе напрягающегося цемента / Я. В. Астафьев // Строительная наука и техника. – 2005. – № 3. – С. 10 – 15.
3. Водонепроницаемый расширяющийся цемент и его применение в строительстве / В. В. Михайлов [и др.]; под общ. ред. В. В. Михайлова. – М.: Стройиздат, 1951. – 253 с.
4. Технология напрягающегося цемента и самонапряженных железобетонных конструкций / В. В. Михайлов [и др.]; под общ. ред. В. В. Михайлова. – М.: Стройиздат, 1975. – 183 с.
5. Расширяющийся и напрягающийся цементы и самонапряженные конструкции / В. В. Михайлов [и др.]; под общ. ред. В. В. Михайлова. – М.: Стройиздат, 1974. – 312 с.
6. Цемент напрягающий. Технические условия: СТБ 1335-2002. – Введ. 01.01.03. – Минск: Министерство архит-ры и строит-ва РБ, 2002. – 12 с.

There are some difficulties in designing compositions of self-compacting concrete on the basis of straining cement. On the one hand it is necessary to execute demanded flow characteristics of concrete mixes, with another - to provide strength and deformation characteristics of concrete. Compositions of self-compacting concrete differ from traditional with presence additives-filler, and also introduction of the agent inoculating viscosity of a liquid phase and a superplasticizer compatible to it. Introduction of these components, as a rule renders negative agency on deformations of expansion of self-compacting concrete, and also promotes increase in a final shrinkage approximately on 30 ... 50 % more, than at traditional concrete. In the given work researches of agency of the additive of a lime on deformation of expansion of self-compacting solutions on the basis of straining cement are shown.

Научный руководитель – Я. В. Астафьев, доцент кафедры строительного производства, кандидат технических наук, доцент.

УДК 539.3.691.693

Е. В. БОДЯК

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ПОТОЛКОВ

Рассмотрены строительные материалы, применяемые в настоящее время для отделки потолков помещений. Систематизированы требования, необходимые для осуществления выбора декоративных материалов.

Для комфортного проживания и работы в различных помещениях жилых и общественных зданий выполняют отделку. Особое внимание уделяется потолку, так как он выполняет не только эстетическую, но и практическую функции, которые напрямую зависят от области применения, назначения помещения и особенностей конструкции потолочных систем.

К настоящему моменту известно большое количество отделочных материалов, что затрудняет их выбор для обывателей. Целью работы является разработка методики, которая бы упрощала подбор материалов потолочных систем и учитывала большинство факторов, влияющих на выбор наиболее оптимального варианта. На первом этапе были рассмотрены все помещения жилых и общественных зданий. В зависимости от своего назначения были выявлены общие требования: архитектурная выразительность, экологичность, акустика помещения, функциональность, технологичность, долговечность, светоотражающая способность, пожаробезопасность, огнестойкость.

Кроме того, для ряда помещений предъявляют специальные требования [1] в зависимости от их назначения (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Требования к материалам потолка в зависимости от функционального назначения помещения

	Назначение помещения	Требуемые параметры микроклимата		Специальные (повышенные) требования
		температура, °С	влажность, %	
Жилые здания				
1	Жилые комнаты	18 – 28	45 – 65	–
2	Кухни	8 – 26	–	Влагостойкость Устойчивость к перепадам температур
3	Санузлы	18 – 26	–	Влагостойкость. Стойкость к высоким температурам
4	Коридоры	16 – 22	60	Пожаробезопасность Огнестойкость
5	Лестничные клетки	14 – 20	–	Огнестойкость Пожаробезопасность
6	Подсобные помещения (кладовые, подвалы)	12 – 22	–	–
Общественные здания				
7	Помещения основного функционального назначения	18 – 28	45-65	Пожаробезопасность Огнестойкость
8	Входной узел в составе тамбура, вестибюля и гардероба	16 – 22	60	Пожаробезопасность Огнестойкость
9	Узел вертикального транспорта (лифты, лестницы)	16 – 22	60	Пожаробезопасность Огнестойкость
10	Помещения движения и распределения людских потоков в коридорных зданиях	16 – 22	60	Пожаробезопасность Огнестойкость
11	Санитарный узел	18 – 26	–	Влагостойкость

В настоящий момент различают четыре основных вида потолочных систем: клеевая, подшивная, натяжная и подвесная (см. рисунок – 1). Отличаются между собой конструкцией, методом установки и материалами, использованными при производстве [2].

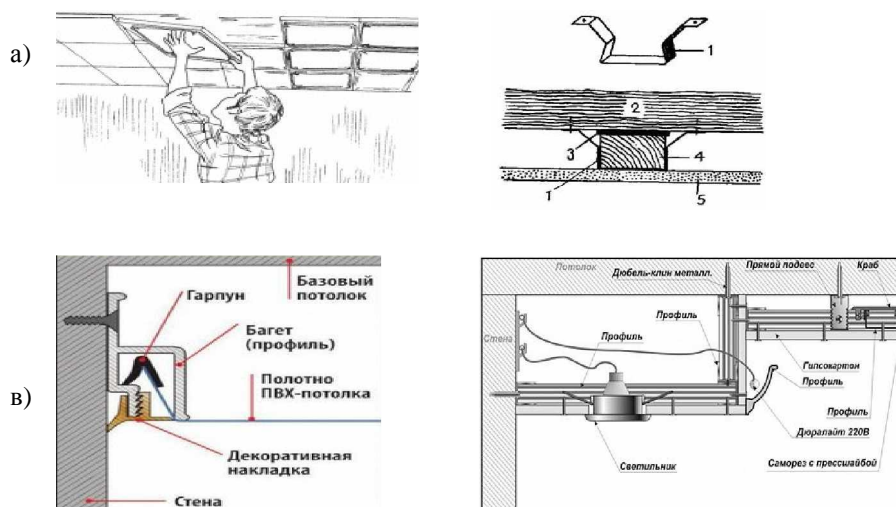


Рисунок 1 – Основные виды отделки потолка: а) оклеивание пенополистирольными плитами с помощью клея (клеевой); б) конструкция подшивного потолка: 1 – упругий хомут, 2 – основной брусок каркаса, 3 – упругая прокладка, 4 – несущий брусок каркаса, 5 – гипсокартонная плита; в) конструкция натяжного потолка их ПВХ-полотна гарпунным способом; г) конструкция многоуровневого подвесного потолка.

Вследствие произведенного обзора отделочных материалов были изучены их основные свойства, которые определяют область применения, а также выявлены их общие требования: архитектурная выразительность, экологичность, функциональность, технологичность, долговечность, светоотражающая способность, пожаробезопасность, огнестойкость.

Большинство материалов на строительном рынке доступны, но на их окончательном выборе отражается стоимость [3] (см. таблицу 2).

Таблица – 2 Стоимость отделочных материалов

	Материал	Стоимость 1м ² смонтированного потолка, у. е.	
		Беларусь	Россия
1	Дерево:		
	– массив	500 – 700	600 – 800
	– ЛСП	6 – 13	15 – 30
	– ДВП	15 – 30	15 – 35
	– OSB	15 – 30	12 – 25
2	– Гипс	9 – 20	12 – 20
	– ГВЛ	6 – 13	14 – 30
	– ГКЛ	15 – 25	14 – 30
3	Штукатурка	5 – 50	10 – 50
4	Цементно-стружечная плита	10 – 20	10 – 25
5	Металл	25 – 55	30 – 70
6	Минеральная вата	4 – 18	10 – 15
7	Природный камень	10 – 200	50 – 200
8	Поливинилхлорид	15 – 50	12 – 70
9	Пенополистирол	4 – 6	10 – 15
10	Ткань	15 – 50	12 – 70
11	Обои:		
	– бумажные	4 – 8	5 – 8
	– виниловые	5 – 10	5 – 11
	– флизелиновые	5 – 10	4 – 11
	– жидкие	8 – 22	10 – 18
	– стеклообои	15 – 25	15 – 30
13	Краска:		
	– алкидная (масло, эмаль)	3 – 15	5 – 15
	– силикатная	3 – 15	5 – 15
	– клеевая	3 – 10	5 – 12
	– эмульсионная	3 – 10	6 – 13
14	Зеркало	10 – 80	50 – 110
15	Стекломагнитные листы	15 – 25	20 – 35

Экологическая чистота и беспокойство о собственном здоровье побуждают человека совершить выбор в пользу природных материалов. Незначительно уступают, с точки зрения экология, синтетические материалы. Технологии производства вышли на такой уровень, когда содержание вредных веществ или ничтожно мало, или вообще отсутствует. Даже вредность полимерных материалов сегодня снижается за счет отказа некоторых составляющих, например, фтористого углерода [4]. Тем не менее, качество сырья для производства строительных материалов, определяемое СНиПами, ГОСТами и ТУ, в основном оценивается по технологическим и техническим характеристикам, и лишь небольшая доля отдельных гигиенических требований, практически не позволяющих оценить степень их опасности для здоровья человека. Для комплексной экологической оценки материалов необходимо знать весь комплекс отрицательных свойств и их влияние на здоровье человека, то есть его гигиеническую безопасность на всех стадиях жизненного цикла. В данном случае, прежде всего, на стадии эксплуатации, так как выбор отделочных материалов для интерьера влияет не только безопасность жилья, но и его комфорт.

Список литературы

1. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Текст]. – Введ. 1999-01-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минстройархитектуры, 1999.
2. Различные виды потолков для современного интерьера // Баркос [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mo-potolok.ru/>. – Дата доступа: 02.04.2012.
3. Отделочные и строительные материалы // Строительный портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vash-dom.by/>. – Дата доступа: 02.04.2012.
4. Экологическая оценка строительных материалов // Социальный специализированный ресурс содействия сохранению, реставрации и консервации материальных памятников истории и культуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.art-con.ru/>. – Дата доступа: 02.04.2012.

The article deals with building materials, currently used for finishing the ceiling space. A systematic requirements necessary to implement the choice of decorative materials.

Научный руководитель – Д. И. Сафончик, зав. кафедрой строительного производства, кандидат технических наук.

УДК 624.07

А. И. ВАСИЛЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Описаны история применения неметаллической арматуры в строительных конструкциях, перспективы и проблемы применения данной арматуры в Беларуси.

Интерес к неметаллической арматуре возник в середине XX столетия в связи с рядом обстоятельств. Расширилось применение армированных бетонных конструкций в ответственных сооружениях, эксплуатируемых в сильно агрессивных средах, где трудно было обеспечить коррозионную стойкость стальной арматуры. Возникла необходимость обеспечения антимагнитных и диэлектрических свойств некоторых изделий и сооружений. И, наконец, надо учитывать на перспективу ограниченность запаса руд, пригодных для удовлетворения непрерывно растущих потребностей в стали и всегда дефицитных легирующих присадках.

Вопрос производства неметаллической арматуры начал серьезно рассматриваться американскими специалистами только с середины 60-х годов 20 века. Однако стоит отметить, что в силу высокой стоимости композитной арматуры, она не получила коммерческого распространения вплоть до конца 70-х годов.

В США ответственной за разработку строительной арматуры была корпорация Marshall-Vega Inc. В 80-90 годы неметаллическая композитная арматура использовалась в основном в следующих отраслях:

- при строительстве мостов (мост в г. Поттер Каунти и г. Беттендорф (США); мост в г. Манитобе, мост через реку Сен-Франсуа (Канада));
- при строительстве портовых сооружений;
- при возведении медицинских центров, в которых используется оборудование для МРТ (Национальный институт здравоохранения г. Бетесда, здание клиники Майо в г. Рочестер и др.).

Практическое применение стеклопластиковой арматуры в Южной Америке сводилось к строительству здания винного завода в Британской Колумбии (1998 год). Канада на сегодняшний день занимает лидирующие позиции по применению неметаллической арматуры при строительстве мостового настила [3].

Что касается Европы, то первой страной, обратившей свое внимание на композитную строительную арматуру, стала Германия. В 1986 году здесь был построен автодорожный мост, для армирования которого использовалась преднапряжённая композитная арматура. Европейскую программу исследований волоконных композитов и технологии применения неметаллической арматуры возглавила компания EUROCRETE.

Использование композитной арматуры также получило широчайшее распространение в развитых странах Азии и Востока. Уже к середине 90-х годов 20 века в Японии насчитывалось более 100 коммерческих объектов, бетонные конструкции которых были армированы композитной арматурой.

На сегодняшний день крупнейшим потребителем композитной арматуры является Китай: здесь данный строительный материал используется при возведении большинства новых конструкций – от промышленных сооружений до мостов и метрополитенов.

Промышленное применение неметаллической арматуры в СССР, как и за рубежом, началось в 60-70-х годах. Проводилось большое количество исследований, была разработана технология изготовления неметаллической арматуры из щелочестойкого стекловолокна малоциркониевого состава, подробно изучены ее физико-механические свойства. Особое внимание уделялось изучению химической стойкости и долговечности арматуры в бетоне при воздействии различных агрессивных сред.

Были всесторонне исследованы опытные предварительно напряженные изгибаемые элементы с такой арматурой под воздействием статических нагрузок, разработаны рекомендации по проектированию бетонных конструкций с неметаллической арматурой, намечены целесообразные области их применения.

На территории СССР неметаллическая арматура была применена в конструкциях из лёгких бетонов (ячеистых бетонов, арболита и др.), в фундаментах, сваях, электролизных ваннах, балках и ригелях эстакад, опорных конструкциях конденсаторных батарей, плитах крепления откосов и других конструкциях. Были построены несколько объектов с использованием исключительно стеклопластиковой арматуры, которые до сих пор стоят без нареканий, например, маяк в г. Сочи, построенный около 40 лет назад. Согласно результатам обследования объектов, построенных в период с 1975 по 1989 года в качестве экспериментальных сооружений, за годы эксплуатации эффект предварительного напряжения композитной арматуры остался без изменений.

Проблема использования композитной арматуры, как и за рубежом, заключалась в дороговизне стеклопластика, и дешевизне металла. Поэтому тогда эта технология не получила развития и к сожалению не удалось организовать заводского производства стеклопластиковой арматуры.

В наше время ситуация обратная: металл дорожает с каждым годом, а стекловолокно сейчас более чем доступно и по цене в том числе. По всем прогнозам аналитиков композитная арматура в скором времени станет одним из самых востребованных материалов в строительстве. Теперь изготовление арматуры из стекловолокна

и базальтового волокна развивается и в России. Её выпускают различные производители - компания ТСК-ЭКО, Пермское научно-производственное предприятие «АРМАСТЕК», ТД «Базальт» и многие другие.

После долгого затишья, исследования в области создания неметаллической композитной арматуры были возобновлены в 2000 году. Благодаря совместным усилиям НИИЖБ, ФГУП «НИИ МАТИ» и ООО «Ябославский завод композитов» были разработаны и введены в эксплуатацию две опытно-промышленные установки по производству композитной арматуры, работающие по принципу пултрузии и безфильтровой технологии. На сегодняшний день вышеописанный метод производства арматуры из композитных материалов выбран как наиболее перспективный [4].

Довольно интересным фактом является то, что вопросы исследования и производства композитной арматуры присутствовали и в Белоруссии в 60-80-е годы XX века. Одним из основоположников был белорусский ученый Фролов Николай Прохорович, который возглавлял исследования в этом направлении на протяжении почти 20 лет в Институте строительства и архитектуры Госстроя БССР. Пройдя нелегкий путь от рабочего-строителя до видного белорусского ученого, Фролов Н.П. весь свой незаурядный талант инженера и исследователя отдавал созданию стеклопластиковой арматуры и конструкций на ее основе с антикоррозионными и диэлектрическими свойствами.

В 1975 г. в Гродно и Солигорске сданы в эксплуатацию два опытных участка ЛЭП-10 кВ с траверсами из стеклопластбетона. Конструкция траверсы сборная, трёхлучевая, состоит из двух прямолинейных предварительно напряжённых стеклопластбетонных элементов: горизонтального, на котором расположены два провода, и вертикального, на вершине которого крепится третий провод. Сборная траверса основанием вертикального элемента присоединена к железобетонной опоре ЛЭП с применением стальных хомутов. Траверсы изготовлены из электроизолирующего бетона. Арматура – четыре стержня диаметром 6 мм в каждом элементе.

На кислотной станции Светлогорского комбината искусственного волокна перекрытия над технологическими галереями выполнены из полимербетона ФАМ со стеклопластиковой арматурой. Плиты армировали стеклопластиковыми стержнями диаметром 6 мм с предварительным напряжением ребёр и плиты в поперечном направлении. Распределительная арматура полки выполнена без предварительного напряжения [5].

К сожалению, с распадом СССР у нас в республике, активно занимавшейся разработкой и внедрением стеклопластиковой арматуры, научно-внедренческие работы были прекращены. Ситуация складывается так, что на сегодняшний день в РБ нет сформированной нормативной базы по применению композитной арматуры, отсутствует системная методология внедрения данного материала, а рынок сбыта не развит.

В нашей республике специалисты только в последние два-три года обратили внимание на потребность строительной отрасли в композитных неметаллических материалах, которые позволяют увеличить энергоэффективность, коррозионную стойкость и долговечность конструкций и зданий в целом.

Видя потенциальную готовность рынка Беларуси к принятию нового продукта, а также имея намерение вывести школу изучения и применения «обновленной» стеклопластиковой арматуры и ее аналогов в Республике Беларусь на более высокий уровень, группа компаний «Уручье» (г. Минск) выработала стратегию внедрения и применения композитной арматуры и провела подготовительный этап по созданию собственного производства на территории Беларуси. Важным шагом стало активное участие на выставке «Стройэкспо 2011» в Минске в марте 2011 г., где арматура вызвала особый интерес. Стало окончательно понятно, что рынок Республики Беларусь готов принять данный товар, но без четкой внедренческой работы, без нормативной базы, продвижение на рынок неметаллической композитной арматуры невозможно.

Быстрее всех на данный материал отреагировал частный застройщик. Основные позитивные факторы для этой категории потребителей — это долговечность и коррозионная стойкость материала, исключение транспортных издержек (арматуру можно свернуть в бухты по 400 м. п. и везти на легковом автомобиле), а также относительная легкость в монтаже каркасов и сеток, отсутствие сварочных работ, отсутствие необходимости применения механизмов при погрузочных работах и подъеме на этаж (например, вес 1 м. п. композитной арматуры диаметром 8 мм в 5,5 раза меньше веса стальной арматуры). Активный интерес к продукции проявили и оптовые металлобазы [3].

На данный момент неметаллическую арматуру в Республике Беларусь производят следующие предприятия:

1. ОАО «Полоцк-Стекловолокно» производит стеклопластиковую арматуру следующих видов:
 - с оплёточной нитью – СПА-6;
 - с периодическим профилем – СПА-7.5;
2. ООО «МонолитПласт» (г. Борисов) производит стеклопластиковую арматуру «АСПЭТ» (арматура стеклопластиковая из полиэтилентерефталата), налажено производство арматуры диаметрами 4, 8, 10 мм с прочностью на растяжение 255 МПа и 4, 8, 10 мм с прочностью на растяжение 510 МПа.
3. Научно-производственная компания «Бизнес-Континент» (г. Брест) производит стеклопластиковую и базальтовую арматуру диаметрами от 4 до 28 мм.
4. ООО «Композит-Уручье» производит арматуру следующих видов:
 - арматура стеклопластиковая диаметром от 4 мм до 14 мм;
 - арматура базальтопластиковая диаметром 6 мм и 8 мм;
 - сетки из композитной арматуры
5. Планируется организация производства стеклопластиковой арматуры на территории СЭЗ «Гомель-Ратон» – предусмотрено освоение выпуска стеклопластиковой арматуры марок - АКП СП 4, АКП СП 6, АКП СП 8, АКП СП 10, АКП СП 12, АКП СП 14.

В настоящее время нормативная база представлена следующими документами:

1. СТБ 1103-98 «Арматура стеклопластиковая. Технические условия», где описаны технические характеристики арматуры, её маркировка, упаковка, правила приёмки и методы контроля.
2. СТР-01-2011 «Применение стеклопластиковой (неметаллической) арматуры», где приведена обзорная информация о стеклопластиковой арматуре, рассмотрены отличительные особенности от металлической арматуры, рассмотрены особенности применения.
3. ТУ ВУ 691148.143.001-2011 «Арматура из стеклоармированного вторичного полиэтилентерефталата»

Композитную арматуру нельзя рассматривать просто как конкурента металлу. Во-первых, композиты можно использовать совместно с металлом. Во-вторых, надо применять композиты там, где их положительные качества могут раскрываться максимально широко, например, снять вопросы коррозии бетонных конструкций. Ведь данный материал имеет высокую коррозионную стойкость в агрессивных средах, таких как кислоты, щелочи, соли, аммиачная вода, сернистый газ.

Особенно это заметно в такой области как медицина, при строительстве больничных корпусов некоторые из них просто не могут строиться с применением обычной стальной арматуры – в особенности томографические кабинеты, где специфика распространения электромагнитных волн сталкивается напрямую с проблемой экранирования помещения, что может приводить к ложным показаниям приборов.

Поэтому с 2003 года в странах Европы и Соединенных Штатов Америки при ведении строительных работ по нормативным показателям используют именно стеклопластиковую арматуру. В дальнейшем по прогнозам аналитиков к 2020 году более половины строительной отрасли перейдет именно на композитную арматуру – ничем не уступающую металлической, но выгодно отличающейся по цене и качеству [4].

Процесс массового перехода на неметаллическую арматуру начался в 90-е годы, и сейчас её применяют очень широко при строительстве важных объектов, таких как мосты через водные каналы, ведь композитная арматура не боится влажности и, следовательно, конструкция будет стоять гораздо дольше, чем при использовании стальной арматуры.

Можно отдельно выделить целый ряд областей, применение в которых композитной стеклопластиковой арматуры более предпочтительно, чем металлического аналога. Прежде всего, к подобным сферам можно отнести бетонные армированные емкости и хранилища химических производств, системы канализации и водоочистки. Прекрасно подходит композитная арматура для укрепления дорожного полотна, при возведении фундаментов и иных строительных работ. Данный материал также нашел применение при проведении различного рода восстановительных и реставрационных работ, ремонте [3].

Стоит также отметить, что технология производства арматуры постоянно развивается и не стоит на месте. Таким образом, можно с уверенностью сказать, что качество поставляемой арматуры с каждым годом становится только лучше, что также положительно отражается на технических и эксплуатационных характеристиках материала.

В настоящее время рынок композитной арматуры Беларуси интересен различным предприятиям, но их сдерживает слабая, практически неразвитая нормативная база. Для того чтобы организовать применение неметаллической арматуры необходимо сформировать полноценную нормативную базу [1, 2], провести исследования работы арматуры в конструкциях, определить методику расчета конструкций с неметаллической арматурой.

Список литературы

1. СТБ 1103-98. Арматура стеклопластиковая. Технические условия [Текст]. – Введён впервые; введ. 1998-10-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998. – 36 с.
2. СТР-01-2011. Применение стеклопластиковой (неметаллической) арматуры [Текст]. – Введён впервые; введ. 2011-05-01. – Минск: РУП «Стройтехнорм»: РУП «Стройтехнорм», 2011. – 46 с.
3. Ярославский завод композитов. История развития // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yazk.ru/istoriya-kompozitnoy-armatury.html>. – Дата доступа: 20.04.2012.
4. Теплостандарт Проект. История развития арматуры // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ts-project.ru/poleznaya-informatsiya/istoriya-sozdaniya-plastikovej-armatury>. – Дата доступа: 20.04.2012.
5. Компания Алиен Технологис. История применения композитной арматуры // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alientechologies.ru/articles/0000.php>. – Дата доступа: 20.04.2012.

This article describes the history of non-metallic reinforcement in structures, prospects and problems of application of the reinforcement in Belarus

Научный руководитель – А. Р. Волик, доцент кафедры строительного производства, кандидат технических наук, доцент.

УДК 539.3.691.693

О. В. ДУННИКОВА

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ПОЛОВ

Рассмотрены строительные материалы, применяемые в настоящее время для отделки полов помещений. Систематизированы требования, необходимые для осуществления выбора декоративных материалов.

Процесс отделки помещения является не менее важным и ответственным, чем строительство, потому что отвечает за внутреннее пространство жилища, насколько уютно, комфортно и удобно с точки зрения эксплуатации будет жить в нем – зависит от профессиональности и качества выполнения отделочных работ.

Значение отделки трудно переоценить, она не только придает законченный вид всей конструкции, но и формирует внутренний облик помещения, делает его более гигиеничным и комфортным, приспособленным для жизни или работы. На самом деле одно небольшое слово описывает огромный комплекс работ по приданию помещению (квартире, зданию) эстетичного вида.

В настоящее время имеется большое разнообразие покрытий полов, а также разнообразны свойства полов и их технические и эксплуатационные характеристики. К полам предъявляют ряд конструктивных, эксплуата-

ционных, санитарно-гигиенических и художественно-эстетических требований в зависимости от назначения и характера помещения. Полы любых помещений должны хорошо сопротивляться механическим воздействиям – истиранию, удару, продавливанию, обладать достаточной жесткостью, быть гладким, но не скользящим, бесшумным при ходьбе, малое количество швов и легко очищаться и др.

Выбирая напольное покрытие, следует соотносить его качества и стоимость с требованиями для конкретного помещения. Так, паркет будет уместен в гостиной, спальне, детской комнате, плитка – в ванной комнате, кухне и прихожей. Не утратили популярности и отделочные материалы эконом-класса – ламинат и линолеум, к тому же сейчас на рынке предлагаются весьма различные по классу материалы. Выбор напольного покрытия будет зависеть от вкуса и бюджета: можно ограничиться настилом линолеума, можно укладывать дорогостоящий и трудоемкий штучный паркет. Следует обратить внимание на стойкость покрытия к механическому износу, простоту обслуживания, экологичность, эстетику. Завершенность напольному покрытию в помещении придадут такие элементы, как плинтусы.

Для решения такой задачи, как отделка полов помещений используют следующие строительные материалы: природные (древесина, легкие и тяжелые бетоны, керамика, мозаика, пробковые покрытия); синтетические (рулонно-тканевые покрытия, полимерные материалы и т.д.).

Такое разнообразие материалов требует приведения классификации требований, что в последующем позволит остановить свой выбор на тех или иных материалах, руководствуясь соответствием материалов требованиям, предъявляемым к помещениям различного назначения.

Вне зависимости от назначения к общественным и жилым зданиям предъявляются следующие требования: звукоизоляция; теплоизоляция; износостойкость; водонепроницаемость; стойкость к скольжению; долговечность; антистатичность; прочность; ровность; декоративность; удобство для очистки; пожаробезопасность; отсутствие выделений в окружающую среду вредных химических веществ и стойкого запаха.

Однако могут быть и дополнительные требования в зависимости от назначения помещений: беспыльность (в помещениях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями и в помещениях с нормируемым содержанием мелкодисперсных аэрозолей в воздухе, т.н. «чистые» и «особо чистые» помещения); химическая стойкость (в таких помещениях, где полы подвергаются воздействиям кислот, щелочей, масел и других агрессивных жидкостей); антистатичность (в помещениях при работе с электрическим оборудованием, где возможен разряд статического электричества); повышенные требования по чистоте; стойкость к химическим воздействиям (если в помещениях возможно движение транспорта и людей, падение грузов, вибрация); свариваемость; ударопрочность.

Таблица 1 – Требования к материалам в зависимости от функционального назначения помещения

Название	Область применения	Стоимость 1 м ² , у. е		Достоинства	Недостатки
		РБ	Европа		
Дощатые полы	– жилые комнаты; – спальни; – коридоры; – рабочие кабинеты; – аудитории в учебных заведениях; – кухни жилых помещений; – торговые залы, удаленные от входных дверей более 20 м	5,5 – 7	6,3 – 7,9	1) удобство в эксплуатации; 2) экологичность; 3) высокие прочность, упругость; 4) малые теплопроводность, звукопроводность	1) невысокие декоративные качества; 2) скрип; 3) водонепроницаемость; 4) подверженность гниению
Паркетная доска	– жилые комнаты; – спальни; – коридоры; – помещения детских садов; – кабинеты врачей, процедурные; – рабочие кабинеты; – аудитории, классы	42 – 124	37 – 160	1) устойчивость к короблению, растрескиванию; 2) простота укладки; 3) прочность; 4) долговечность; 5) эстетичность; 6) высокая износостойкость и ударопрочность	1) высокая стоимость; 2) чувствительность к воздействию перепадов температур, влаги, нагрузок
Линолеум	– жилые комнаты; – спальни; – коридоры; – кабинеты врачей, процедурные; – детские туалетные помещения в садах и больницах; – аудитории, классы; – кухни жилых помещений	7,2 – 20,4	7,0 – 17,8	1) высокая экономичность; 2) долговечность; 3) достаточная огнестойкость; 4) удобство эксплуатации; 5) хорошие гидроизоляционные свойства; 6) эстетичность; 7) антистатичность	1) чувствительность к воздействию химически агрессивных жидкостей; 2) невысокая износостойкость и светостойкость; 3) токсичность (ПВХ)
Мозаика	– помещения общественных зданий, эксплуатация которых не связана с длительным пребыванием людей (музеи, фойе, вокзалы); – ванны, умывальные, уборные; – торговые залы магазинов и предприятий общественного питания, удаленные от наружных дверей более чем на 20 м			1) прочность; 2) долговечность; 3) стойкость к воздействию жидкостей и химических веществ	1) высокая теплопроводность

Продолжение таблицы 1					
Плитка	– помещения общественных зданий, эксплуатация которых не связана с длительным пребыванием людей (музеи, фойе, вокзалы); – ванн, умывальные, уборные; – прихожие; – кухни; – торговые залы магазинов и предприятий общественного питания	14 – 40	23,6 – 67,0	1) водонепроницаемость; 2) прочность; 3) высокая износостойкость; 4) стойкость к воздействию химически агрессивных жидкостей; 5) эстетичность	1) высокая теплопроводность; 2) высокая стоимость; 3) шум
Ламинат	– жилые комнаты; – спальни; – коридоры; – рабочие кабинеты; – офисы; – кухни жилых помещений	14,9 – 24	15,5 – 42	1) высокая экономичность; 2) декоративность; 3) удобство в эксплуатации; 4) высокая прочность; 5) устойчивость к воздействию света и химикатов; 6) низкая токсичность	1) недолговечность; 2) чувствительность к длительному воздействию влаги; 3) невысокая износостойкость
Пробковое покрытие	– жилые комнаты; – спальни; – офисы; – гостиницы; – помещения общественных зданий, эксплуатация которых не связана с длительным пребыванием людей (музеи, фойе, вокзалы); – аэропорты; – студии звукозаписи; – концертные залы; – библиотеки	29	57	1) экологичность; 2) упругость; 3) стойкость к воздействию высоких механических нагрузок; 4) высокие тепло- и звукоизолирующие свойства; 5) не впитывает посторонние запахи; 6) антистатичность	1) чувствительность к длительному воздействию влаги
Виниловое покрытие	– торговые и офисные помещения; – развлекательные помещения с интенсивным движением людей; – у бассейнов; – зимние сады; – коридоры общественных зданий	16,5 – 30	16 – 40	1) удобство в эксплуатации; 2) высокие звукоизолирующие и противоскользящие свойства; 3) хорошая износостойкость; 4) устойчивость к возгоранию; 5) устойчивость к воздействию химикатов	1) невысокие декоративные качества; 2) токсичность; 3) высокая стоимость
ДВП	– жилые комнаты; – спальни; – коридоры в квартирах, гостиницах; – рабочие кабинеты; – кухни жилых помещений	5 – 8	7 – 10	1) прочность; 2) высокая экономичность; 3) низкая теплопроводность	1) токсичность; 2) неэстетичность; 3) чувствительность к длительному воздействию влаги

При выборе отделочных материалов для отделки дома или квартиры необходимо прежде всего учитывать, что долговечность покрытия и гигиена жилища в значительной степени зависят от того, насколько эксплуатационные свойства материалов соответствуют функциональному назначению помещения. Однако основными критериями, которыми руководствуется потребитель при выборе напольного покрытия, являются: стоимость; износостойкость и долговечность; привлекательность дизайна; экологичность и эстетические качества; практичность и легкость в уходе; возможность легкого монтажа.

Полы являются важнейшим элементом в конструкции и внутренней отделке зданий. Рассмотрев конструкции пола и разнообразие покрытий пола, при проектировании зданий надо отталкиваться от назначения помещения, какие требования будут предъявляться к полу, а так же экономические и трудовые ресурсы.

Список литературы

- Смирнов, Н. А. Технология строительного производства: учебник для вузов. – 2-е изд., доп. и перераб. / Н. А. Смирнов. – Л.: Стройиздат, 1975. – 528 с.
- Грожан, Д. В. Справочник начинающего дизайнера: справочное издание / Д. В. Грожан. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2004.
- Щербаков, А. С. Основы строительного дела / А. С. Щербаков. – 2-е изд. – М. Высш.: шк., 1994.
- МДС 31-1.98 Рекомендации по проектированию полов (в развитие СНиП 2.03.13-88 «Полы»).
- Григорьев, М. А. Справочник молодого столяра, плотника, паркетчика. – 3-е издание, доп. и перераб. – М: Лесная промышленность, 1989.
- Бизнес-каталог компаний Беларуси, товары и услуги, прайс-листы [Электронный ресурс] / Белинфоцентр. Респ. Беларусь. – Минск, 2012. – Режим доступа: <http://www.deal.by>. – Дата доступа: 01.04.2012.

7. Керамическая плитка, напольные покрытия и сантехника [Электронный ресурс] / ДекоТрейд. – Режим доступа: <http://www.dekotrade.ru>. – Дата доступа: 01.04.2012.
8. Современные технологии устройства полимерных промышленных полов [Электронный ресурс] / Авантаж. – Режим доступа: <http://propol.rbl.ru>. – Дата доступа: 01.04.2012.
9. Бизнес-каталог компаний Украины, товары и услуги, прайс-листы [Электронный ресурс] / Уапром. – Режим доступа: <http://www.prom.ua>. – Дата доступа: 02.04.2012.
10. Наливные полы, полимерные промышленные полы [Электронный ресурс] / СК СТЭП ИнжСтрой. – Режим доступа: <http://www.napol.ru>. – Дата доступа: 03.04.2012.

The article deals with building materials, currently used for finishing the ceiling space. A systematic requirements necessary to implement the choice of decorative materials.

Научный руководитель – Д. И. Сафончик, зав. кафедрой строительного производства, кандидат технических наук.

УДК 624.014

Т. А. ИГНАТОВА

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрена работа тонкостенного профиля в соответствии с современными нормами проектирования. Показаны и проанализированы закономерности влияния ширины пояса и ширины отгиба С-образных профилей на эффективность работы в условиях поперечного изгиба при различных толщинах стали.

Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) – это технология проектирования и строительства на основе стального каркаса с использованием профилей, изготовленных из оцинкованной стали общего назначения. Данная технология была разработана в 50-х годах 20-го столетия в Канаде. Основной причиной появления данной технологии явилась необходимость в возведении большого количества малоэтажных домов для среднего класса соответствующих климатическим условиям страны. Технология ЛСТК довольно быстро приобрела характер массового применения, уменьшив (а в пригородах и городах и вовсе исключив) использование каркасов из дерева, из-за их высокой стоимости, подверженности гниению и воздействию насекомых – вредителей.

Широкому применению технологии ЛСТК в Республике Беларусь препятствует отсутствие единой адаптированной методики расчета тонкостенных стержней, закрепленной нормативными актами, а также должного опыта работы проектировщиков над такими конструкциями.

Особенностью профилей ЛСТК является их тонкостенность. Как следствие, помимо общей потери устойчивости конструкции или ее элемента вероятны местная потеря устойчивости компонентпрофиля (пояс, стенка, отгиб), а также потеря устойчивости формы сечения (рисунок 1). Под местной потерей устойчивости понимается выпучивание отдельных участков пластин, составляющих профиль, под действием сжимающих нормальных и/или касательных напряжений без смещения линий сопряжения пластин (линийгиба). При потере устойчивости формы сечения поперечные деформации охватывают две смежные пластины и происходит смещение линиигиба обычно между сжатым поясом и отгибом, что приводит к изменению формы сечения [1].

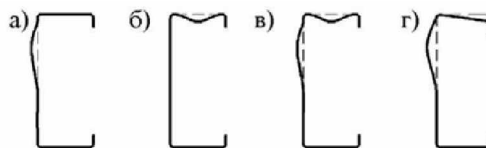


Рисунок 1 – Формы потери устойчивости изгибаемого элемента из тонкостенного холодногнутого профиля С-образного сечения (помимо глобальных форм)

а) местная потеря устойчивости стенки; б) местная потеря устойчивости пояса; в) местная потеря устойчивости пояса и стенки; г) потеря устойчивости формы сечения

Одной из сложностей расчета стальных тонкостенных холодногнутох профилей, вытекающей из способа их изготовления, является многообразие возможных комбинаций размеров поперечного сечения в рамках одной его формы. Очевидно, далеко не каждая вариация размеров будет одинаково эффективна для какой-либо определенной проектной ситуации, характеризующейся фиксированной комбинацией действующих в элементе усилий. Строго говоря, для каждого их соотношения будет свое оптимальное отношение размеров сечения.

В данной работе рассматриваются элементы, выполненные из С-образных холодногнутох профилей из оцинкованной стали, подверженные поперечному изгибу: например, балки перекрытий (рисунок 2), прогоны малоуклонных кровель. Считается, что изгибающий момент действует в вертикальной плоскости.

В основном подобные конструктивные элементы зданий и сооружений решаются таким образом, что на конструкции из холодногнутох профилей непосредственно опирается стальной профилированный настил с

прикреплением, как правило, через гофру или в каждой гофре. Таким образом, общая устойчивость балок и прогонов обеспечена конструктивно. Возникающие от стесненного кручения нормальные напряжения во многом зависят от конкретных конструктивных решений элемента (панели) и в дальнейшем при исследовании эффективности сечения не учитываются. Заметим, что действие крутящего момента в не раскрепленном профиле может значительно изменить характер его работы, что должно учитываться статически неопределимыми расчетными схемами.

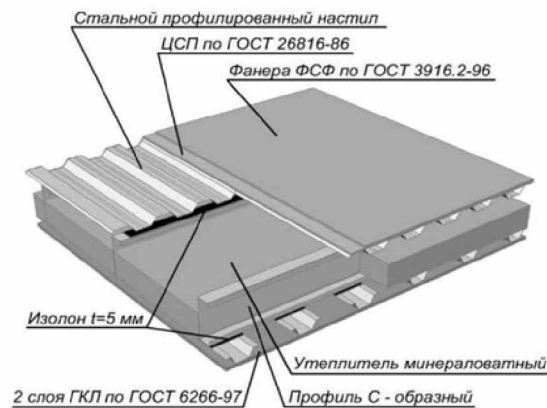


Рисунок 2 – Конструкция междуэтажного перекрытия

В инженерной практике используется два подхода к расчету тонкостенных стержней: расчет по теории Власова и расчет по теории закритической несущей способности. В обоих подходах в качестве геометрических характеристик сечения используются: осевые моменты инерции J_x, J_y , моменты сопротивления W_x, W_y , площадь поперечного сечения A , линейные размеры профилей.

Расчет ЛСТК состоит из двух стадий: расчет на прочность и расчет на местную устойчивость. Экспериментально показано, что потерявшая местную устойчивость пластинка способна воспринимать возрастающую нагрузку [2]. Иными словами, она и, следовательно, профиль, состоящий из отдельных пластин, обладают закритической несущей способностью, причем часто довольно значительной. Кроме того, профиль, в котором произошла потеря устойчивости формы сечения, также может воспринимать дополнительную нагрузку, хотя и меньшую, чем при местной потере устойчивости [3]. Поэтому зарубежные нормы проектирования конструкций из стальных тонкостенных профилей [4, 5] не рассматривают местную потерю устойчивости и потерю устойчивости формы сечения за предельное состояние и допускают закритическую работу таких стержней. Отечественные нормы допускают закритическую работу стержней, но методику расчета не предоставляют [6].

Расчет изгибаемых элементов (балок, прогонов) по предельным состояниям предполагает в том числе и расчет по прогибам.

Рассмотрим симметричное относительно горизонтальной оси С-образное сечение (рисунок 3). Принимаем за критерий эффективности отношение максимального изгибающего момента, который способно воспринять сечение в упругой стадии работы стали, к площади поперечного сечения, характеризующей расход материала, $M_{x\max} / A$, где $M_{x\max} = W_x \sigma_y$.

Варируются следующие параметры сечения: ширина пояса b_f в интервале от 40 до 100 мм, относительная ширина отгиба c/b_f в интервале от 0,2 до 0,5 и толщина t от 1 до 3 мм. Расчеты выполнены для трех фиксированных высот сечения: $h = 100, 200$ и 300 мм при значении предела текучести стали $\sigma_y = 250$ МПа.

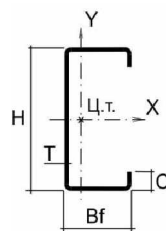


Рисунок 3 – Сечение С-профиля

Момент сопротивления сечения W_x в формуле определяется в зависимости от того, обеспечена ли местная устойчивость сжатой части стенки, сжатого пояса, отгиба и устойчивость формы сечения при напряжениях в сжатом поясе, равных пределу текучести. Если устойчивость всех этих видов обеспечена, то принимается во внимание момент сопротивления полного сечения С-образного профиля. Если устойчивость хотя бы одного

(или более) из перечисленных видов не обеспечена, то в расчет принимается редуцированный момент сопротивления эффективного сечения W_{xeff} .

Параметры эффективного сечения определяются по Eurocode 3 [4]. В котором в целях учета явления потери устойчивости пластин, составляющих сечение, последние в зависимости от уровня и градиента сжимающих нормальных напряжений, а также граничных условий по продольным граням пластин, в соответствии с концепцией «эффективной ширины», предложенной Т. фон Карманом (Theodor von Karman), разбиваются на эффективные и неэффективные участки. Первые моделируют части сечения, которые после потери устойчивости соответствующей пластины остались устойчивы, и они включаются в состав эффективного сечения. Вторые моделируют выпучившиеся части пластин, и они не включаются в состав эффективного сечения.

Возможность потери устойчивости формы сечения учитывается путем редуцирования толщины условного ребра жесткости, в состав которого включается эффективная часть сжатого пояса, примыкающая к отгибу, и эффективная часть самого отгиба. И рассматривается устойчивость стержня на упругом основании с таким сечением.

Все вычисления выполнены с помощью программы расчета стальных тонкостенных холодногнутох профилей CFSteel, в которой для определения редуцированных геометрических характеристик эффективных сечений реализована методика Eurocode 3.

При толщине $t = 1$ мм максимальное отношение M_{xmax} / A достигается при относительно узких поясах (40, 50 мм). При более широких поясах их часть теряет устойчивость и выключается из работы. Причем снижение эффективности тем больше, чем шире отгиб, так как в этом случае добавляется еще и потеря устойчивости отгиба. Это видно на рисунках, где графики эффективности для $c/b_f = 0,4$ и $0,5$ быстро снижаются после $b_f = 50$ мм. В то время как при узких отгибах $c/b_f = 0,2$ ширина пояса мало влияет на эффективность особенно при $h = 200$ и 300 мм.

При толщине $t = 1,5$ мм и $h = 100$ мм наблюдается оптимум при $b_f = 60$ мм, а в случае $h = 200$ и 300 мм при $b_f = 60...70$ мм. С увеличением толщины до $t = 2,3$ мм экстремум для всех высот продолжает смещаться в сторону больших ширин поясов. Для $t = 2$ мм и $h = 100$ мм это $b_f = 80$ мм; для $h = 200$ и 300 мм $b_f = 80...90$ мм. При $t = 3$ мм оптимумы достигаются при $b_f > 100$ мм.

Из приведенных результатов можно заметить, что при низких профилях ($h = 100$ мм) более эффективными оказываются относительно узкие пояса, а при увеличении высоты более широкие.

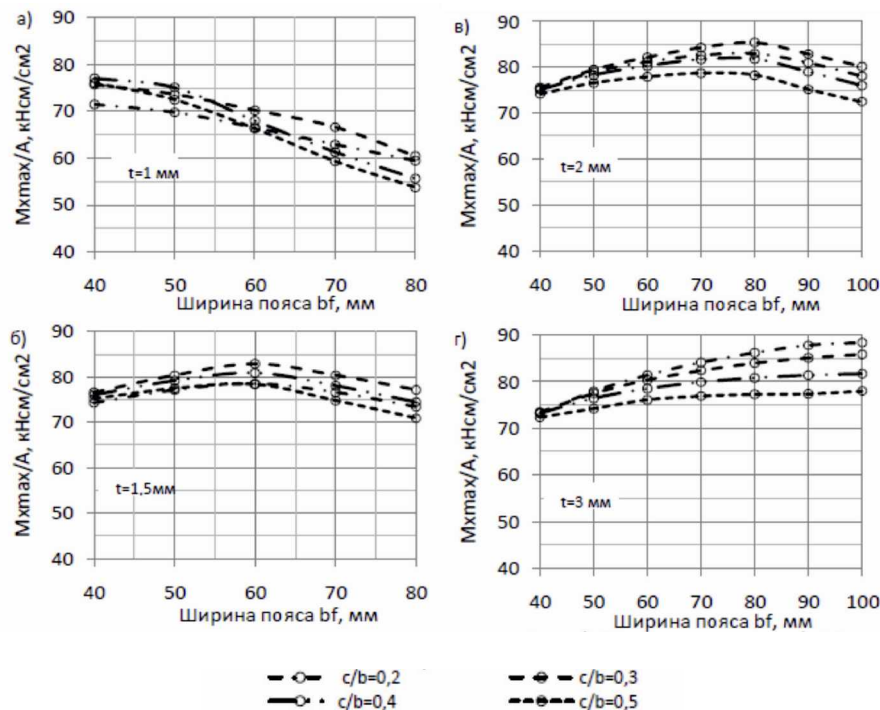


Рисунок 4 – Зависимости эффективности от ширины пояса для $h=100$ мм и $\sigma_y = 250$ МПа:

С увеличением предела текучести до $\sigma_y = 350$ МПа характер зависимостей эффективности от ширины пояса в целом сохраняется, но оптимальные ширины поясов сдвинуты в сторону меньших значений на 5.1 мм. При этом значения M_{xmax} / A более высокие.

Эффективность работы С-образных профилей на изгиб зависит от ширины поясов, ширины отгибов, высоты сечения, а также толщины и прочности стали.

Характер влияния ширины поясов на эффективность профили с узкими поясами. Наоборот, при больших толщинах эффективны широкие пояса, в которых неэффективная часть либо мала, либо вообще отсутствует (пояс

не теряет устойчивость). При толщинах $t = 1,5...2,0$ мм наиболее эффективны пояса с $b_f = 60...90$ мм (в зависимости от высоты сечения и прочности стали).

Увеличение высоты сечения также влечет за собой повышение ширины эффективных поясов.

Повышение прочности стали приводит к пропорциональному росту эффективности только при относительно больших толщинах. При малых толщинах эффективность растет медленнее из-за потери местной устойчивости. Также, упрочнение стали приводит к снижению ширины эффективных поясов.

Список литературы

1. Кикоть, А. А. Программа расчета прогибов изгибаемых элементов из стальных тонкостенных холодногнутох профилей / А. А. Кикоть, М. Н. Корницкая, Е. В. Мурзин // Проектирование и строительство в Сибири. – 2010. – № 4. – С. 37 – 39.
2. Тимошенко, С. П. Устойчивость упругих систем / С. П. Тимошенко – М. – Л.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1946. – 532 с.
3. Adany, S. Buckling mode classification of members with open thin-walled cross-section by using FiniteStrip Method. Research Report / S. Adany // JohnsHopkinsUniversity. – 2004. – 99 p.
4. EN 1993-1-3:2004 Eurocode 3. Design of steel structures. Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting / Euro-pean Committee for Standardisation CEN. – Brussels, 2004. – 125 p
5. NAS (2004): North American Specification for the design of Cold-Formed Steel Structural Members / American Iron and Steel Institute. – Washington, D.C., AISI/COS/NASPEC, 2004.
6. СНиП II-23-81* Стальные конструкции / Госстрой СССР.-М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1990. — 96 с.

In this paper we examine the work of a thin-wall profile in accordance with current design standards. Displayed and analyzed patterns of influence of the width of the belt width and limb C-shaped profile on the performance in a transverse bending with different thicknesses of steel.

Научный руководитель – С. А. Старовойтов, доцент кафедры строительного производства, кандидат технических наук.

УДК 624.012.45

М. С. КАНЮК, С. В. МИСЮКЕВИЧ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КИНЕТИКОЙ РОСТА САМОНАПРЯЖЕНИЯ В НАПРЯГАЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ

Приведены основные области применения напрягающего бетона, а также теоретические подходы управления кинетикой роста самонапряжения напрягающего цемента типа М.

В практике строительства сборно-монолитные конструкции представлены достаточно широко. Повысить эксплуатационные характеристики сборно-монолитных конструкций возможно при выполнении монолитной части из напрягающего бетона. Отличительной особенностью напрягающего бетона является то, что в процессе твердения он претерпевает объемное расширение. При ограничении деформаций расширения в напрягающем бетоне появляются собственные напряжения сжатия (самонапряжение), что позволяет выполнить предварительное напряжение конструкции без дополнительных затрат на механическое натяжение арматуры [1].

Особенно эффективно использование напрягающих бетонов в конструкциях и сооружениях, к которым предъявляют высокие требования по водостойкости и долговечности: плавательные бассейны, ледовые катки, трибуны, гаражи, автостоянки, мосты, трубы [2].

Величина связанных деформаций напрягающего бетона зависит от марки по энергоактивности напрягающего цемента и его расход в составе бетонной смеси; степень ограничения деформаций расширения, характеризующая жесткостью ограничивающей связи; условия хранения бетона в конструкции.

Основу напрягающего бетона составляет напрягающий цемент. В напрягающем цементе сочетаются два взаимосвязанных процесса: рост прочности и расширения. Известно, что изменение нормальных условий твердения приводит к рассогласованию скорости набора прочности и расширения [3].

Напрягающего цемента типа М получают совместным помолом портландцементного клинкера, глинозёмистого шлака, гипсового камня. Продуктами гидратации напрягающего цемента являются низкоосновные гидросиликаты кальция, гидроалюминат кальция, этtringит.

Для НЦ характерно равномерное, происходящее в раннем возрасте, расширение, которое компенсирует последующую усадку, чем решается одна из сложных проблем в области цемента – предотвращение проявления отрицательных усадочных деформаций.

В настоящее время имеются данные об условиях получения нескольких десятков видов напрягающих цементов, расширение и напряжение которых вызывает гидросульфат алюмината кальция, а также оксиды магния и кальция низкотемпературного обжига, реакция образования газовой фазы и др. Эти цементы получают на основе ПЦ, глинозёмистого цемента и их сочетания. При этом используются специальные компоненты и некоторые добавки. Наиболее широко применяется способ совместного измельчения составляющих цемент компонентов, содержащих низкоосновные алюминаты кальция [4].

Высокая эффективность применения НЦ обуславливает ежегодное увеличение объема его выпуска. Как показали исследования, напрягающие цементы не только позволяют бетону, при условии ограничения деформации, развивать самонапряжение, но и обеспечивают быстрый набор прочности, который сопровождается интенсивным выделением экзотермического тепла. Учитывая эти свойства НЦ, представляется целесообразным его применение для производства бетонных и железобетонных работ при отрицательных и пониженных положительных температурах. В связи с этим возникла необходимость всестороннего изучения физико-механических и физико-химических характеристик напрягающего бетона, а также реологических свойств бетонной смеси.

Исследование процессов расширения при твердении ГЦ и РЦ показали, что расширение при прочих равных условиях определяется кинетикой связывания гипса в этtringит, кристаллизация которого является причиной расширения сульфатосодержащих цементов [1].

В результате комплексного исследования составов НЦТ, содержащих гипс трех различных модификаций (двуводного, полуводного β -модификации и растворимого ангидрита).

Было установлено, что напрягающие цементы, содержащие различные модификации гипса, значительно различаются между собой по кинетике связывания последнего, а также по характеру развития и значению линейной деформации образцов [1].

Для регулирования скорости расширения необходимо изменить содержание этtringита. Так использование различных модификаций гипса, которые значительно различаются между собой по растворимости. Наиболее быстро связывается в процессе гидратации напрягающего цемента полуводный гипс β -модификации с растворимостью (8 г/л). В результате связывания гипса в цементном камне образуется 23,6 % этtringита. Содержание связанных в этот же период двуводного гипса (растворимость ~2 г/л) и ангидрит (растворимость ~1,5 г/л) и соответственно количество образовавшегося этtringита значительно меньше, чем в случае полуводного гипса [1].

Несмотря на образование значительного количества этtringита расширение цементного камня в этот период не происходит, так как структура цементного камня не приобрела необходимой жесткости.

Самые большие деформации расширения развиваются при твердении НЦ, содержащих безводный гипс (ангидрит). Максимальное расширение (4,4 %) достигается в этом случае через 14 суток [1].

Ангидрит – горная порода осадочного происхождения, состоящая преимущественно из безводного сернокислого кальция CaSO_4 . По своему химическому составу, способу залегания и возникновению родственен гипсу. Залежи ангидрита обычно подстилают слой двуводного гипса. Поэтому в природе ангидрит редко состоит из одного из одного безводного сернокислого кальция и обычно содержит до 5 – 10 % и более двуводного гипса.

При твердении НЦ содержащего двуводный гипс, происходит процесс расширения в период от 1 до 7 суток и заканчивается после окончания связывания гипса, достигнув 2,8 % [1].

Таким образом, кинетика протекающих в системе реакций и характер развития расширения в значительной степени зависят от растворимости и скорости растворения исходного гипса. При прочих равных условиях – чем выше растворимость, тем большее количество этtringита образуется в еще не сформировавшейся (пластичной) структуре цементного теста и тем ниже будет конечная величина расширения [1].

Данная гипотеза была подтверждена физико-механическими испытаниями напрягающего цемента согласно СТБ 1335 «Цемент напрягающий. Технические условия».

Объектом которых являлись ангидрит обожженный при различной температуре и полуводный гипс. В результате было установлено, что наибольшее расширение НЦ достигалось при включении в состав ангидрита обожженного при 750 С.

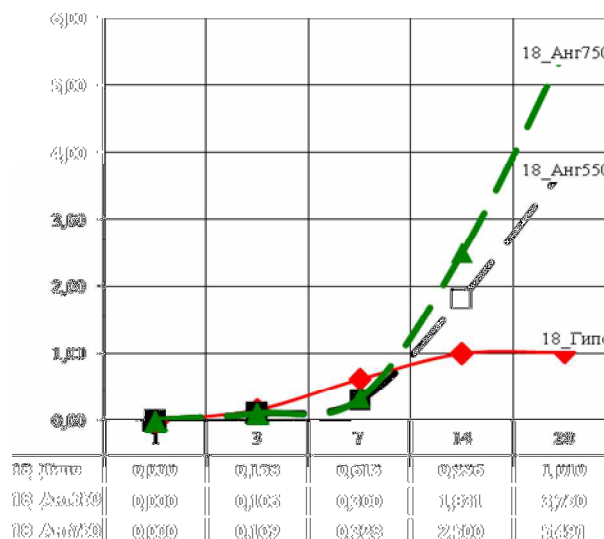


Рисунок 1 - график расширения НЦ

Данные результаты являются подтверждением гипотезы о влиянии растворимости модификаций гипса на величину конечного расширения, так как наиболее высокие показатели расширения были установлены при дозировании ангидрита, растворимость которого является наименьшей.

Список литературы

1. Красильников, К. Г. Физико-химия собственных деформаций цементного камня / К. Г. Красильников, Л. В. Никитина, Н. Н. Скоблинская. – М.: Стройиздат, 1980. – 256 с.
2. Михайлов, В. В. Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции / В. В. Михайлов, С. Л. Литвер. – М.: Стройиздат, 1974. – 312 с.
3. Плосконосов, В. Н. Исследование кинетики твердофазового расширения материалов напрягающего цемента в условиях низких положительных температур / В. Н. Плосконосов, Д. Н. Савеня // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров республики Беларусь: новые технологии, ресурсо- и энергосбережение в строительной отрасли: материалы XV Международного научно-методического семинара, Полоцк, 27 – 28 ноября 2008 г. / Полоцк гос. ун-т; под ред. Д. Н. Лозовского [и др.]. – Полоцк, 2008. – 283 с.
4. Рояк, С. М. Специальные цементы / С. М. Рояк, Г.С. Рояк. – М.: Стройиздат, 1983. – 248 с.

The scope of tightening concrete theoretical approaches control the growth kinetics samonapryazheniya tightening of cement type M.

Научные руководители – Д. Н. Савеня, старший преподаватель кафедры строительного материаловедения, *Р. А. Лубовская*, преподаватель-стажер кафедры строительного материаловедения.

УДК 62.059

О. И. КАРАСЬ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДОМ

Представлено нетиповое конструктивное решение здания, выполненного из экологически чистых материалов – из легкого самана и соломенных блоков.

В наше время очень актуально стоит вопрос доступного и экологичного жилья. Доступность информации о разных технологиях строительства, однако, не сделала некоторые из них широко известными, и при этом совершенно незаслуженно.

Эта статья об одной из таких «выгодных» технологий – строительство домов из легкого самана и соломенных блоков. Эти дома обладают всеми необходимыми качествами, предъявляемыми к индивидуальным и многоэтажным жилым домам. Они являются недорогими в строительстве, достаточно долговечными в эксплуатации. Опыт эксплуатации зданий и сооружений доказывает, что деревянные каркасы могут стоять более 500 лет, а соломенное заполнение вполне хорошо выдерживает 70 лет эксплуатации.

Кроме того, «соломенные» дома весьма экологичны, поскольку при строительстве их основных конструкций используются только природные материалы – дерево, солома, глина, камень. Более того, как показывает опыт, эти дома являются не просто экологически нейтральными, а экологически позитивными. Риск заболевания астмой, ОРЗ и ОРВИ в таких домах значительно снижается.

Еще один важный критерий – высокая индустриальность. Этот пункт реализуется за счет изготовления каркаса в заводских условиях и с максимальным количеством взаимозаменяемых элементов.

По всему миру в последние годы стало очень востребованным экологически чистое жилье, однако его цена на порядок выше обычного и никого не смущает, что такое жилье более подвержено воздействию вредителей ввиду отсутствия каких-либо «протравок» и биозащиты. По аналогии можно привести один малоизвестный факт из жизни США. Там есть магазины, где продаются экологически чистые продукты, и в таком магазине некрупные, червивые яблоки стоят в несколько раз дороже, чем идеальные большие в соседнем.

В этой статье я хотел бы рассказать о проекте жилого дома, выполненного именно по такой технологии. При разработке проекта была принята каркасная конструктивная системы, где основными несущими конструкциями деревянный каркас, заполнение между элементами каркаса выполняется с использованием самана (смесь соломы с глиной).

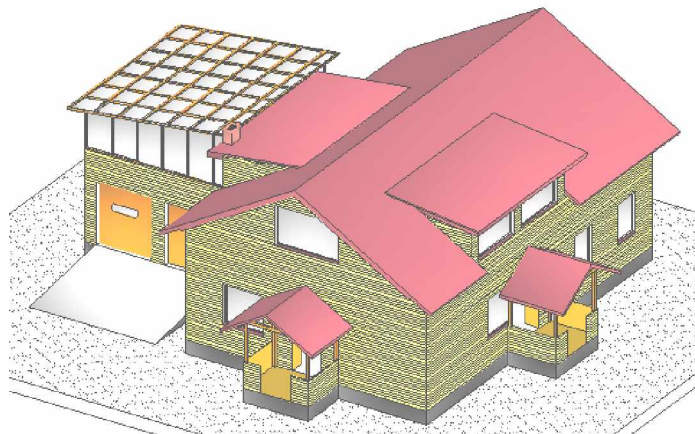


Рисунок 1 – Общий вид проектируемого здания

Строение представляет собой мансардный дом с расположенным почти вплотную гаражом. Фундаменты и стены у них отдельные, однако, их объединяет короткая переходная галерея. Оранжерея, расположенная над гаражом кроме своего прямого назначения может являться источником тепла для всего дома.

Если посмотреть на план первого этажа, то сразу видно сетку колонн 2.7x3.0 м (рис. 1), данный шаг и пролет очень хорошо подходит для деревянных конструкций и позволяет из одного стандартного бруса изготовить с минимальными отходами 2 балки каркаса. Кроме того, высота сток подобрана таким образом, что излишки древесины, отрезаемые от одной стойки, становятся наращением другой для получения заданной длины элемента. В стропильной системе длина стропильной ноги 6.0 м. обеспечивает нормальную стыковку в коньке и карнизные свесы не менее 400мм.

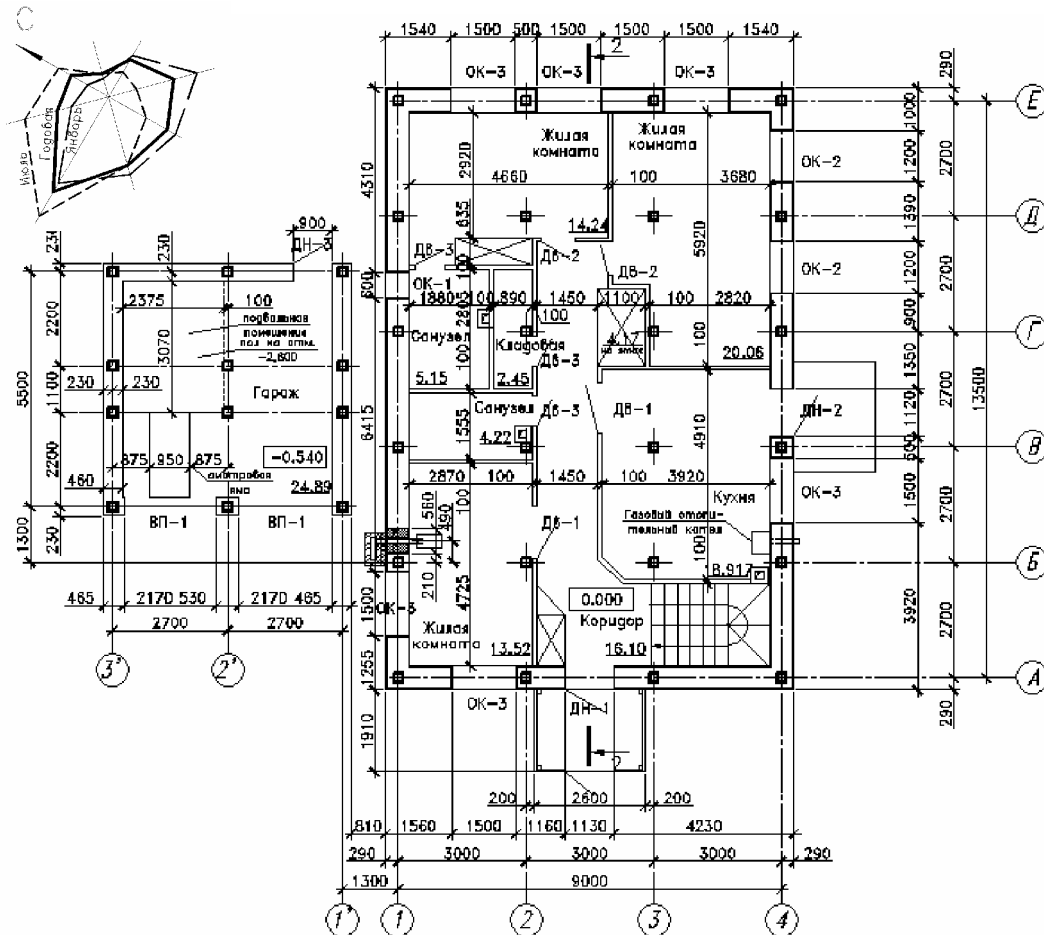


Рисунок 2 – План 1 этажа*

Планировка дома обеспечивает рациональное расположение помещений и логические связи между ними. Расположение лестницы возле кухни позволяет использовать пространство под ней в качестве кладовой. Кроме этого четко выражена зона дневной активности и спальная зона.

Санитарные узлы располагаются вплотную к наружной стене, что позволяет устроить в них окна и тем самым позволяют организовать вентиляцию только по необходимости.

Так же, как показывает опыт, люди иногда при необходимости отсекают от отопления второй этаж или мансарду. В данном проекте такой вариант отопления также предусмотрен: междуэтажное перекрытие с утеплителем толщиной 300мм. позволит выполнить данное решение качественно (рис. 3).

Еще одно условие, которое в нашей стране пока не слишком актуально, но мы уже к этому идем – на кровле предусмотрены места установки солнечных батарей и тепловых коллекторов. При подборе размеров поперечного сечения несущих конструкций каркаса были учтены дополнительные нагрузки от данных элементов.

Ориентация дома по сторонам света обеспечит наилучшее освещение солнечных батарей и коллекторов на протяжении не менее 10 часов в сутки под углом не менее 20 градусов. Ориентация дома, расположение жилых комнат и других помещений тщательно увязана, что сводит к расположению спален с восточной стороны, кухни с юго-восточной и гостиной с запада, гаража, санузлов и оранжереи с северной стороны. На первый взгляд может показаться, что расположение оранжереи с севера нерационально, однако многолетний опыт показывает, что сплошное стеновое остекление и зенитные расположение части окон компенсирует этот недостаток света и тепла и предотвращает перегрев помещения в летний период. Одновременно, тот факт, что с северной стороны расположены санузлы, позволяет уменьшить количество окон с севера и тем самым минимизировать потери тепла и увеличить долю освещения, приходящуюся на жилые помещения.

* Качество рисунков соответствует качеству оригиналов, предоставленных автором

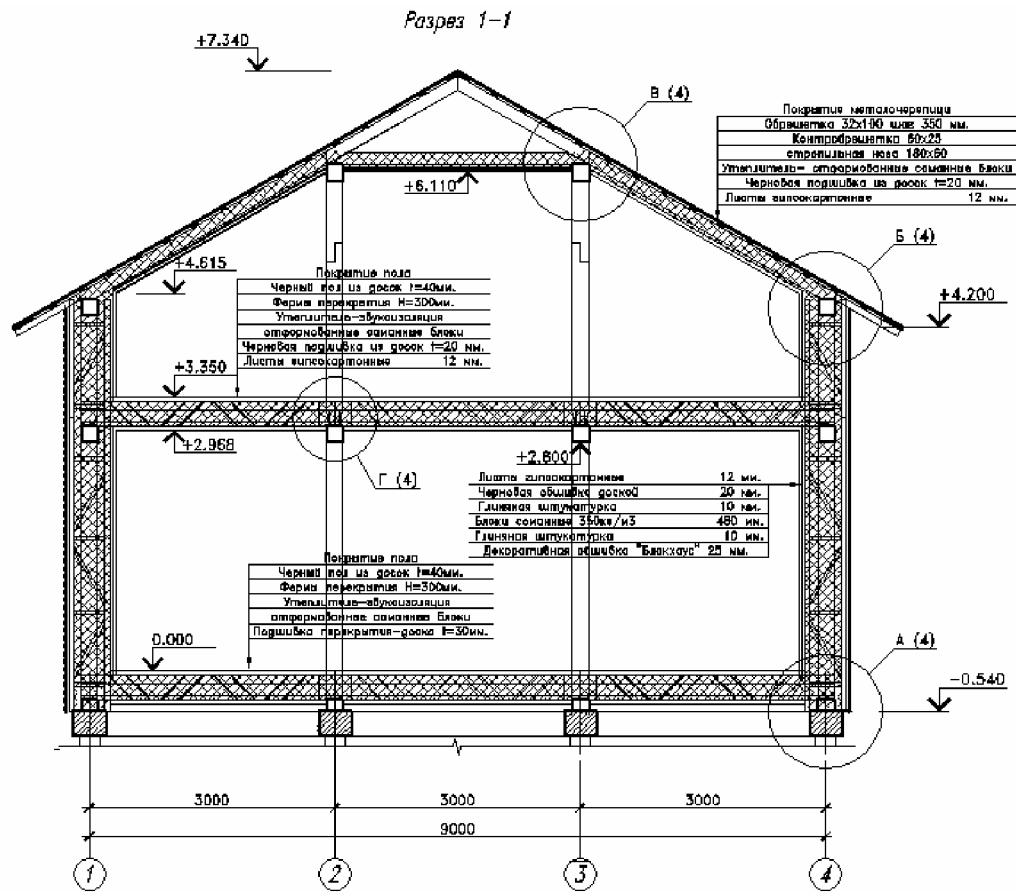


Рисунок 3 – Разрез здания

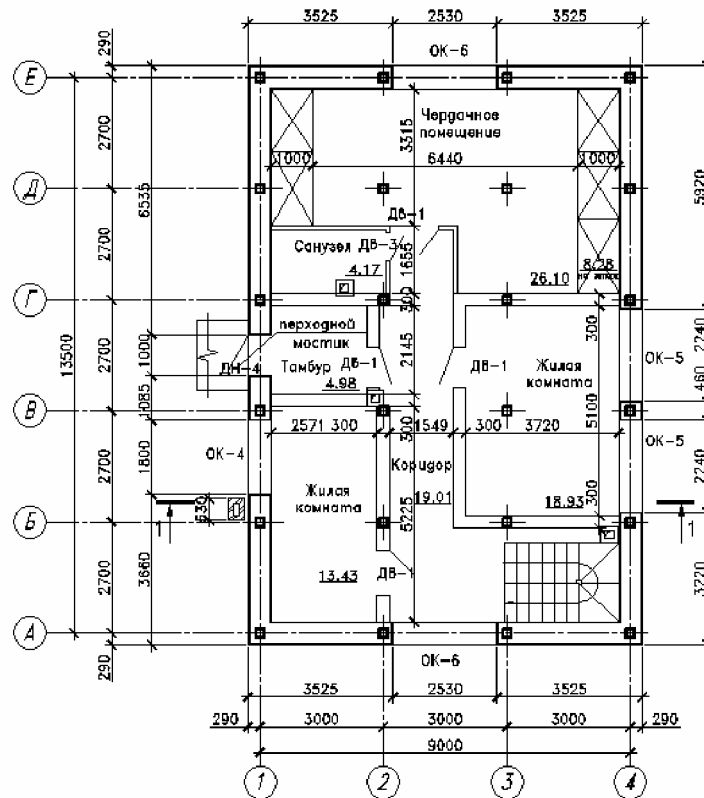


Рисунок 4 – План 2 этажа

Структура и расположение помещений в мансарде (рис. 4) позволяет реализовать несколько аспектов:

- 1) перенести все хозяйственные работы по дому, не выполняемые ежедневно, такие как прачечные работы, мелкие ремонтные работы по дому и т.п., в отдаленные помещения дома;
- 2) перегородки между помещениями имеют достаточную толщину, чтобы можно было в разных помещениях организовать разный температурный режим, с перепадом до 10 градусов. Это, на мой взгляд, также очень полезная возможность.

В английском языке слова дом – строение, и дом – место, где тебя ждут, разные – *House u Home*, соответственно. Конструктивные особенности, примененные при проектировании данного дома, позволили сделать дом не просто строением или замкнутым объемом пространства с защитой от неблагоприятных факторов окружающей среды, но местом, где хотелось бы проводить время, за счет одной лишь правильной реализации потребностей человека, что непременно дает отдачу во всех аспектах жизни.

Список литературы

1. Полковник Деменьтьев. Плотницкое искусство. – СПб., 1855. – 60 с.
2. Соколовский, В. Э. Сельский индивидуальный жилой дом / В. Э. Соколовский, Р. Н. Алимов. – Минск: Ураджай, 1985. – 208 с.
3. Широков, Е. И. Экотехнология биопозитивных ограждающих конструкций из соломенных блоков в Беларуси / Е. И. Широков. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 194 с.

This article describes an environmentally friendly house with attached garage and conservatory. We describe the design decisions taken in implementing the current problems and future requirements. Also there is conducted study of space-planning decisions.

Научный руководитель – **А. Р. Волик**, доцент кафедры строительного производства, кандидат технических наук, доцент.

УДК 519.711.3

П. П. КАСКЕНОВ

МАТРИЦА ПОДАТЛИВОСТИ И ЕЕ СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА В ЗАДАЧЕ О ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЯХ БАЛКИ

Задачи динамики строительных конструкций являются одними из наиболее важных и сложных для решения вопросов. В работе рассмотрена задача о поперечных колебаниях балки. Получены универсальные формулы для определения элементов матрицы податливости для консольной и шарнирно опертой балок. Проведено исследование спектральных свойств матриц податливости в обоих случаях: построены формулы для оценки границ спектра, рассмотрен вопрос распределения собственных значений внутри спектра для различного количества степеней свободы.

Классическим методом решения уравнений колебаний балок является метод разделения переменных [1, с. 143]. Однако решение данным методом встречает значительные аналитические трудности, кроме того процесс решения будет существенно зависеть от условий закрепления балки. В последнее время при решении уравнений колебаний применяют асимптотические методы, в частности гомотопический метод возмущений [2, с. 29, 3]. Однако асимптотические методы являются достаточно сложными для инженера со стандартной математической подготовкой.

В данной работе развивается метод сосредоточенных масс для исследования динамики статически определимой балки. Метод сосредоточенных масс является хорошо известным методом [4, с. 70], но при исследовании колебаний с произвольным числом степеней свободы необходимо проделывать значительную вычислительную работу. Ниже получены универсальные формулы для автоматического определения элементов матрицы податливости, также проведено исследование спектральных свойств полученной матрицы.

Рассмотрим шарнирно опертую балку длиной l . Распределенную массу балки заменяем системой точечных масс m_1, m_2, \dots, m_n (рис. 1 а).

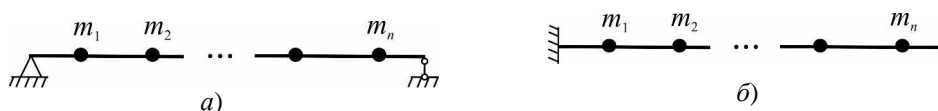


Рисунок 1 – Система точечных масс

Определим матрицу податливости данной системы $A = (\delta_{ij})_{n \times n}$, где единичные перемещения δ_{ij} определим по формулам Мора:

$$\delta_{ij} = \int_0^l \frac{\overline{M}_i \cdot \overline{M}_j}{EJ} dx \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (1)$$

Построим эпюры моментов \overline{M}_i и \overline{M}_j от действия единичных сил приложенных на расстоянии x_i и x_j , соответственно от левого конца балки (рис. 2)

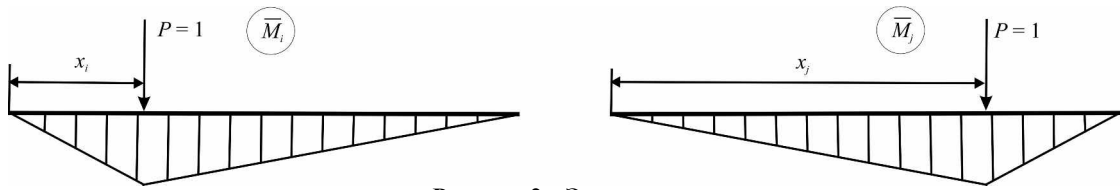


Рисунок 2 – Эпюры моментов

Единичные перемещения вычислим непосредственно интегрируя выражение (1), для этого запишем уравнения эпюр \overline{M}_i и \overline{M}_j :

$$\overline{M}_i = \begin{cases} \frac{l-x_i}{l}x, & 0 \leq x \leq x_i \\ \frac{l-x}{l}x_i, & x_i < x \leq l \end{cases}, \quad \overline{M}_j = \begin{cases} \frac{l-x_j}{l}x, & 0 \leq x \leq x_j \\ \frac{l-x}{l}x_j, & x_j < x \leq l \end{cases}. \quad (2)$$

Далее будем считать, что $x_i \leq x_j$. Представим интеграл (1) в виде

$$\delta_{ij} = \int_0^{x_i} \frac{\overline{M}_i \cdot \overline{M}_j}{EJ} dx + \int_{x_i}^{x_j} \frac{\overline{M}_i \cdot \overline{M}_j}{EJ} dx + \int_{x_j}^l \frac{\overline{M}_i \cdot \overline{M}_j}{EJ} dx. \quad (3)$$

Подставляя уравнения (2) в выражение (3), после элементарных преобразований получим

$$\delta_{ij} = \frac{1}{l^2 EJ} \left[(l-x_i)(l-x_j) \int_0^{x_i} x^2 dx + x_i(l-x_j) \int_{x_i}^{x_j} (l-x) x dx + x_i x_j \int_{x_j}^l (l-x)^2 dx \right]$$

или, после интегрирования и преобразования

$$\delta_{ij} = \frac{1}{EJ} \frac{x_i \left[2l^2 x_j + x_j (x_i^2 + x_j^2) - l(x_i^2 + 3x_j^2) \right]}{6l}. \quad (4)$$

Формула (4) определяет величину единичного перемещения для положения, когда $x_i \leq x_j$. В случае, когда $x_i > x_j$ в формуле (4) достаточно индексы i и j поменять местами. Таким образом получаем универсальное выражение для вычисления матрицы податливости системы с n степенями свободы

$$A = (\delta_{ij})_{n \times n} = \frac{1}{6l EJ} \begin{cases} x_i \left[2l^2 x_j + x_j (x_i^2 + x_j^2) - l(x_i^2 + 3x_j^2) \right], & x_i \leq x_j \\ x_j \left[2l^2 x_i + x_i (x_j^2 + x_i^2) - l(x_j^2 + 3x_i^2) \right], & x_i > x_j \end{cases}. \quad (5)$$

Построение матрицы податливости можно проводить двумя способами: 1) непосредственное вычисление элементов матрицы по формулам (5), рассматривая случаи, когда $x_i \leq x_j$ и $x_i > x_j$; или 2) можно учесть то, что матрица податливости A имеет симметричный вид, тогда вычислив δ_{ij} в случае, когда $x_i \leq x_j$, получим верхнюю треугольную матрицу, а затем верхний треугольник над главной диагональю можно симметрично относительно главной диагонали отобразить на нижний треугольник, в этом случае объем вычислений сократиться почти вдвое.

Рассмотрим отдельно формулы для главных перемещений. В случае определения диагональных элементов, в формуле (5) полагаем, что $x_i = x_j$, тогда выражение (5) принимает достаточно компактный вид

$$\delta_{ii} = \frac{x_i^2 (1-x_i^2)}{3l EJ}, \quad (i = 1, \dots, n).$$

Аналогичные действия можно проделать и для консольной балки (рис. 1 б), с той лишь разницей, что интегралы (1) будут вычисляться на отрезке $[0, x_i]$ ($x_i \leq x_j$). Матрица податливости для консольной балки определяется по формулам

$$A = (\delta_{ij})_{n \times n} = \frac{1}{2EJ} \begin{cases} x_i^2 \left(x_j - \frac{x_i}{3} \right), & x_i \leq x_j \\ x_j^2 \left(x_i - \frac{x_j}{3} \right), & x_i > x_j \end{cases}. \quad (6)$$

Главные перемещения для консольной балки определяются выражением

$$\delta_{ii} = \frac{x_i^3}{3EJ}, \quad (i = 1, \dots, n).$$

Исследуем вопрос о спектральных свойствах матриц, определяемых выражениями (5) и (6). Собственные значения матрицы A определяются из векового уравнения

$$|A - \lambda E| = 0, \quad (7)$$

где E – единичная матрица.

Заметим, что при подстановке формул (5) или (6) в уравнение (7), собственные значения λ_i ($i = 1, \dots, n$) не будут зависеть ни от жесткости балки EJ , ни от ее длины l , что является существенным преимуществом формул (5) и (6).

На рис. 3 и 4 показана верхняя граница спектра матрицы податливости для шарнирно опертой и консольной балок соответственно (вычисления проводились для целых n от 5 до 100 при равномерном распределении масс). Из анализа данных рисунков четко видна прямая пропорциональная зависимость максимального собственного значения матриц (5), (6) от количества степеней свободы. Уравнения прямых, показанных на рис. 3 и 4 имеют соответственно вид:

$$\begin{aligned} \max \lambda_i(n) &= 10^{-3} (0.0128 + 10.2659n), \\ \max \lambda_i(n) &= -0.0442 + 0.0807n \end{aligned} \quad (8)$$

Также, как показали вычисления, минимальное собственное значение матриц податливости определяемых по формулам (5) и (6) является достаточно малым уже для $n = 10$, и далее прямо пропорционально уменьшается при увеличении количества степеней свободы, поэтому в качестве нижней границы спектра матрицы податливости можно принять в обоих случаях прямую $\max \lambda_i = 0$ с достаточно высокой степенью точности.

Формулы (8) дают возможность простого вычисления непосредственно спектра матриц (5), (6) в зависимости от количества степеней свободы n избегая необходимости вычисления всего набора собственных значений этих матриц, что существенно экономит вычислительное время.

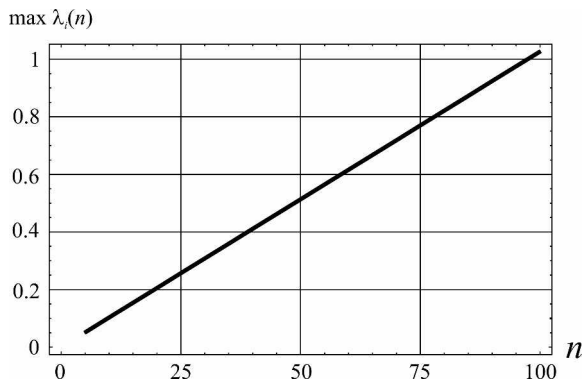


Рисунок 3 – Верхняя граница матрицы податливости шарнирно опертой балки

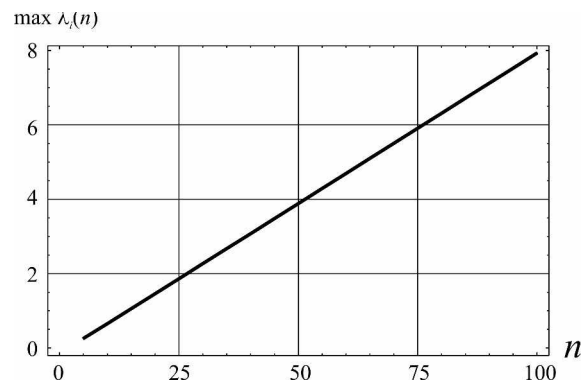


Рисунок 4 – Верхняя граница матрицы податливости консольной балки

Из выше сказанного можно сделать вывод, что любое собственное значение λ_i ($i = 1, \dots, n$) матрицы податливости A лежит в интервале

$$\begin{aligned} 0 < \lambda_i &\leq 10^{-3} (0.0128 + 10.2659n) \text{ – для шарнирно опертой балки,} \\ 0 < \lambda_i &\leq -0.0442 + 0.0807n \text{ – для консольной балки.} \end{aligned}$$

Выясним также вопрос о распределении всех собственных значений матриц податливости внутри спектра в зависимости от количества степеней свободы.

На рис. 5 и 6 показаны характерные картины распределения собственных значений внутри спектра для четырех случаев (наклонной пунктирной линией показана верхняя граница спектра). Из рис. 5 и 6 можно сделать достаточно интересный вывод о том, что около 90 % всех первых собственных значений матрицы A близки к нижней границе спектра, т.е. практически равны 0, и лишь оставшиеся 10 % можно считать значительно больше 0.

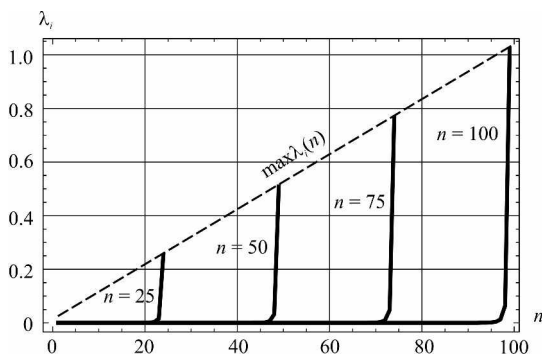


Рисунок 5 – Распределение собственных значений матрицы податливости для шарнирно опертой балки

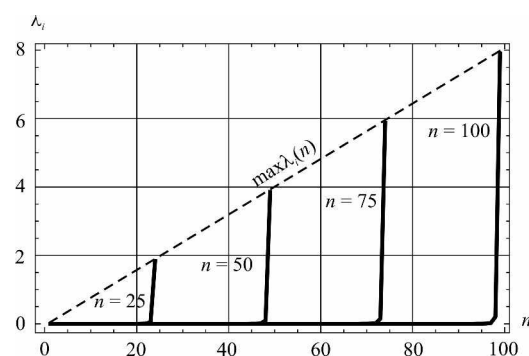


Рисунок 6 – Распределение собственных значений матрицы податливости для консольной балки

Таким образом получены универсальные формулы определения элементов матриц податливости и даны практические рекомендации по формированию матриц колебательных систем (шарнирно опертых и консольных) с произвольным числом степеней свободы. По полученным формулам были вычислены матрицы податливости конкретных колебательных систем и исследованы их спектральные свойства: построена оценка границ спектра, проведено исследование распределения собственных значений внутри спектра.

Дальнейшим представляется развитие проводимых исследований на статически неопределимые колебательные системы, исследование высокочастотных колебаний, когда необходимо учитывать центробежный момент инерции в уравнении колебаний, а также исследование систем с вязким трением.

Method of lumped masses for research on dynamics of statically determinate beam was studied. Universal formulas for automatic definition of elements for flexibility matrix were received. The research of spectral characteristics of received matrix was carried out.

Список литературы

1. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – 4-е изд. – М.: Наука, 1972. – 735 с.
2. Андрианов, И. В. Асимптотические методы в теории колебаний балок и пластин / И. В. Андрианов, В. В. Данишевский, А. О. Иванков. – Днепропетровск: ПДАБА, 2010. – 216 с.
3. Darmawijoyo, Horssen W. T. van. On boundary damped for a weakly nonlinear wave equation / Darmawijoyo, Horssen W. T. van. // Nonlinear Dynamics. – 2002. – Vol. 30. – P. 179 – 191.
4. Динамика и устойчивость сооружений / А. Ф. Смирнов [и др.]; под общ. ред. А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1984. – 415 с.

Научный руководитель – *Д. Е. Мармыш*, преподаватель-стажер кафедры строительного производства.

УДК 624.012.45

Д. С. КУЛЬ, А. Р. ШЕРЕЛЬ, Н. А. ФОМКО

ПАРАМЕТРЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК, МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Описан механизм действия пластифицирующих добавок для бетонов. Рассмотрены такие параметры оценки эффективности пластификаторов, как электрокинетический потенциал и дипольный момент, причины их влияния на пластифицирующий эффект. Описаны основные методы определения этих характеристик, а также измерительные приборы и принцип их действия.

Пластифицирующие добавки в технологии бетонных смесей занимают лидирующие позиции по использованию для бетонов. Основное назначение добавок пластификаторов – увеличение подвижности или снижение жесткости бетонной смеси, соответствующее увеличению В/Ц на 15 – 30%. Подвижность обеспечивает уменьшение энерго- и трудозатрат при укладке бетона в монолитные строительные конструкции, сборные железобетонные изделия и способствует интенсификации технологического цикла, повышению качества продукции. С другой стороны, применение пластификаторов позволяет, за счет снижения водоцементного отношения, при сохранении заданной подвижности или жесткости бетонной смеси, повышать в значительной степени прочность и долговечность изделий (на класс и более), в частности из бетонов на рядовых цементах.

Механизм действия суперпластификаторов (СП) заключается в его адсорбции на поверхности гидратирующихся частиц цемента и пылевидных фракций песка. Вследствие этого сглаживается микрорельеф частиц, частицы приобретают одноименный заряд и под действием электростатических сил отталкиваются друг от друга – снижается коэффициент трения в системе «цемент – заполнитель – вода». Также происходит пептизация флокул частиц – увеличивается удельная поверхность гидратирующихся цементных частиц, что интенсифицирует процессы гидратации и нарастания прочности [1, с. 13].

В результате дефлокуляции частиц цемента освобождается иммобилизованная во флокулах вода, что увеличивает объем дисперсионной среды и суспензии разжижаются, т.е. снижается их вязкость и предельное напряжение сдвига (обеспечивается пластифицирующий эффект). При этом адсорбция СП на активных центрах твердой фазы уменьшает межфазовую энергию, и в дальнейшем затрудняет коагуляцию мелких и средних частиц до крупных блоков, то есть происходит стабилизация системы.

Частицы цемента имеют размер 10-30 мкм. Поэтому гидратированный цемент и особенно гидросиликаты кальция находятся в виде частиц крайне малых размеров и в присутствии СП диспергированы. Следовательно, к ним применим общий коллоидно-химический подход [2, с. 189].

В общем виде, если две фазы контактируют одна с другой, следует учитывать их электрические заряды. Так, если они находятся в ионизированном состоянии или при этом присутствуют ионогенные группы, то проявляется тенденция к неоднородному распределению зарядов между ними. Скачок потенциала на границе между дисперсной фазой и дисперсионной средой может быть достаточно велик. Разность потенциалов между

внешним фиксированным слоем адсорбата и объемом дисперсионной среды можно охарактеризовать величиной электрокинетического потенциала ζ (дзета-потенциала) [3, с. 112].

Дзета-потенциал – это потенциал на границе между коллоидной частицей, способной к движению в электрическом поле, и окружающей жидкостью, т.е. потенциал поверхности скольжения частицы в коллоидном растворе. Наличие дзета-потенциала на границах скольжения всех дисперсных частиц формирует на них одноименные заряды и электростатические силы отталкивания, что обеспечивает устойчивость коллоидного раствора и препятствует агрегации. Чем выше абсолютное значение этого потенциала, тем больше силы отталкивания белковых частиц друг от друга. Таким образом, дзета-потенциал является мерой устойчивости коллоидного раствора. Определение ζ -потенциала позволяет изучить механизм действия СП на гидратацию цемента.

Измерение ζ -потенциала возможно на основе изучения электрокинетических явлений, интенсивность которых зависит от его величины. Отсюда следует, что измеряя параметры электрокинетических явлений можно вычислить ζ -потенциал на основе теории, связывающей его с этими параметрами.

Электрокинетические исследования проводят методом электрофореза и электроосмоса.

Электрофорез – движение диспергированных частиц в дисперсионной среде под действием электрического потенциала, приложенного извне;

Электроосмос – движение жидкости относительно неподвижных стенок капилляров или пористой мембраны под действием электрического потенциала, приложенного извне [4, с. 263].

Электрофорез можно наблюдать с помощью простейшего прибора Кёна, который представляет собой U-образную трубку с двумя кранами, имеющими отверстия, равные внутреннему диаметру трубки. В трубку наливают исследуемую дисперсную систему и боковую жидкость. Приливание боковой жидкости ведется очень осторожно – так, чтобы граница «золь – боковая жидкость» была ясно выраженной.

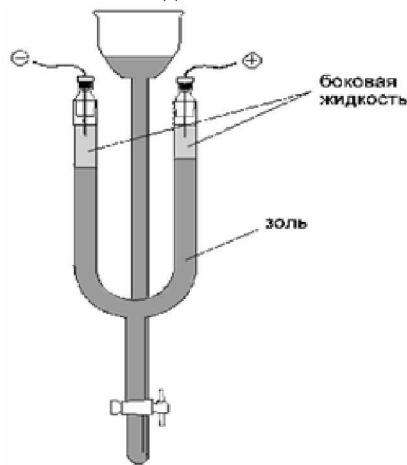


Рисунок 1 – Схема прибора Кёна

В качестве боковой жидкости обычно применяют ультрафильтрат после ультрафильтрации исследуемой дисперсии. В боковую жидкость погружают два электрода, подключенные к источнику постоянного тока, после чего открывают кран. В таком случае получается достаточно резкая граница золя с боковой жидкостью. Под действием электрического тока граница движется к какому-либо электроду. По тому, к какому электроду движется граница золя определяют знак заряда его частиц. Величину электрокинетического потенциала определяют по скорости частиц

$$U = \frac{SL}{Vt}, \text{ см}^2 / \text{В} \cdot \text{с}.$$

Здесь S – путь, пройденный границей золя, см; L – расстояние между электродами в растворе, см; V – разность потенциалов между электродами, В; t – время, с.

$$\zeta = 9000 \cdot \frac{K\pi\eta U}{\varepsilon}, \text{ В}.$$

Здесь η – вязкость воды ($\eta_{15} = 0.01138$ г/(см·с), $\eta_{20} = 0.01005$ г/(см·с), $\eta_{25} = 0.00894$ г/(см·с)); ε – диэлектрическая проницаемость среды (для воды $\varepsilon = 81$); K – постоянная, зависящая от формы частиц; считая их сферическими, принимаем $K = 6$; U – электрофоретическая скорость частиц, см²/(В·с). 90000 – коэффициент пересчета из системы СГС в систему СИ.

Явление электрофореза положено в основу определения ζ -потенциала с помощью следующих приборов.

Zeta PALS (производитель - Brookhanen Instruments Corporation, США)

Прибор предназначен для измерения размеров наночастиц, их полидисперсности, а также поверхностного заряда (дзета-потенциала), влияющего на устойчивость раствора наночастиц и на их токсичность.

Регистрируя динамическое рассеяние лазерного излучения, прибор определяет размер частицы и ее электрофоретическую подвижность, из которой в дальнейшем рассчитывается электрокинетический потенциал.

Прибор позволяет производить измерения гидродинамического радиуса наночастиц в пределах от 0,6 нм до 6 мкм, а также определять дзета-потенциал наночастиц в пределах 6 мкВ до 100 мВ при pH от 1 до 13, в диапазоне температур от 6 °С до 100 °С и при электропроводности от 0 до 20 Си/м.

Средняя длительность измерения одного образца составляет 30 с.

Zetasizer Nano (анализ размера наночастиц и молекул, дзета-потенциала и молекулярной массы)

Определение дзета-потенциала (частиц размером 5 нм...10 мкм) в водных и безводных дисперсных системах методом электрофоретического рассеяния света с использованием технологии МЗ-PALS (использование быстро и медленно переменного электрического поля наряду с фазовым и частотным анализом рассеянного света). Технология МЗ-PALS является самой прогрессивной на сегодняшний день для измерения дзета-потенциала.

Электроосмос или потенциал протекания наблюдают при помощи прибора Перрена. В горизонтальную трубку А помещают порошкообразное нерастворимое вещество (мелкий песок, глина), чтобы получилась пористая перегородка. Затем присоединяют боковые трубки с электродами Е, заливают раствор или воду и подключают постоянный электрический ток. Определяя по перемещению мениска М в капилляре С скорость движения жидкости при известной разности потенциалов ($E_1 - E_2$) можно рассчитать величину электрокинетического потенциала СП.

$$\zeta = -\frac{4\pi\eta kQR}{\epsilon IE}, B,$$

η – коэффициент вязкости; Q – объемная скорость жидкости; k – удельная электропроводность жидкости; R – сопротивление жидкости; E – разность потенциалов [5, с. 69].

Явление электроосмоса используется для измерения ζ -потенциала электрокинетическим анализатором **SurPASS**.

Электрокинетический анализатор SurPASS предоставляет возможность изучения дзета-потенциала макроскопических твердых тел (как плоских поверхностей, так и волокон) на основе метода измерения фильтрационного потенциала и фильтрационного тока.

Разбавленный электролит циркулирует через измерительную ячейку с исследуемым материалом. Значение сопротивления потоку, создаваемого структурой образца (к примеру, волокнистой или порошковой массой) или промежутком, созданным между двумя твердыми плоскими поверхностями-образцами, используется для того, чтобы генерировать нужные величины давления между входом в измерительную ячейку и выходом из нее.

Далее, система двойных насосов, прикладывая определенное давление, производит поток электролита в плоскости, параллельной плоскости контакта между телом и жидкостью. Это приводит к относительному движению между стационарным и мобильным слоями двойного электрического слоя. Результат – разделение электрических зарядов по направлению потока вдоль измерительной ячейки. После чего электродами, расположенными с обеих сторон образца, измеряется результирующая разность потенциалов (фильтрационный потенциал).

В течение измерения давление постоянно увеличивается в обоих направлениях потока, и постоянно снижается значение разницы давления вдоль измерительной ячейки и соответствующее ему значение фильтрационного потенциала (фильтрационного тока).

Измеренные значения зависимости фильтрационного потенциала от различного давления используются для вычисления дзета-потенциала (по уравнению Смолуховского).

Одновременно прибор измеряет проводимость электролита, температуру и значение pH.

Важной характеристикой СП является **дипольный момент**. Дипольный момент молекулы характеризует электрические свойства молекулы как системы заряженных частиц.

Благодаря электростатическому отталкиванию между одноименно заряженными группами макромолекула добавки стремится развернуться и приобрести более ассиметричную форму по сравнению с формой статического клубка, характерной для незаряженных цепей. Поэтому в растворах такие молекулы имеют значительно большие размеры и ассиметрию, чем макромолекулы той же химической природы, но лишенные заряда. Все это приводит к тому, что частицы цемента, на которых адсорбировались молекулы СП дальше отодвигаются друг от друга, сильнее сглаживается их микрорельеф, уменьшается коэффициент трения между частицами. А это в свою очередь положительно сказывается на подвижности бетонной смеси. Следовательно, значение дипольного момента молекулы позволяет оценить долю электростатической составляющей и величину основного эффекта действия добавки пластификатора.

Спектроскопические методы определения дипольного момента молекул основаны на эффектах расщепления и сдвига спектральных линий в электрическом поле (эффект Штарка). Для линейных молекул и молекул типа симметричного волчка известны точные выражения, связывающие дипольный момент со штарковским расщеплением линий вращательных спектров. Этот метод дает наиболее точные значения величины дипольного момента (до 10^{-4} Д), причем экспериментально определяется не только величина, но и направление вектора дипольного момента. Важно, что точность определения дипольного момента почти не зависит от его абсолютной величины. Это позволило получить весьма точные значения очень малых дипольный момент ряда молекул. Область применения метода микроволновой спектроскопии ограничена, однако, небольшими молекулами, не содержащими атомов тяжелых элементов. Направление вектора дипольный момент молекулы может быть определено экспериментально и по эффекту Зеэмана второго порядка.

Наиболее широкое распространение получили методы определения дипольных моментов, основанные на измерении диэлектрической проницаемости (ϵ). Переход от измеряемого значения ϵ к величине дипольного момента основан на теории поляризации диэлектриков. При наложении электрического поля на диэлектрик его полная поляризация P связана с дипольным моментом μ уравнением Ланжевена-Дебая [6, с. 173; 7, с. 343].

$$P = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon - 2} \cdot \frac{M}{d} = \frac{N_A}{3\epsilon_0} \cdot \left(\alpha + \frac{\mu^2}{3kT} \right)$$

Для измерения диэлектрической проницаемости можно использовать ячейку в виде плоского конденсатора, погружаемого в пробу добавки.

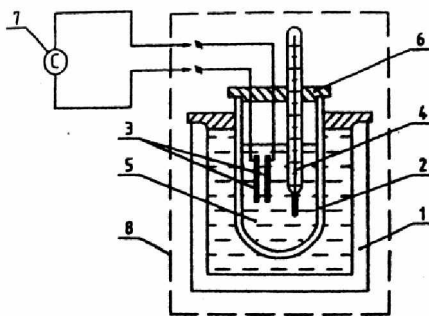


Рисунок 2 – Схема измерительной установки

1 – термостат с водой; 2 – кварцевая пробирка диаметром 30 мм; 3 – электроды конденсатора (алюминиевые пластины 15×20 мм толщиной 0,5 мм и расстоянием между пластинами 3 мм); 4 – жидкостный (спиртовой) термометр с ценой деления 1° С; 5 – образец; 6 – пробка; 7 – измеритель емкости конденсаторов; 8 – измерительная ячейка.

Последовательность измерений: измерительная ячейка с образцом добавки помещается в холодильник и охлаждается до 2-3°С, после чего извлекается из холодильника и плавно нагревается на воздухе. При достижении определенных температур измеряется емкость конденсатора.

Для того, чтобы по полученным емкостям получить диэлектрическую проницаемость, измерительную ячейку нужно откалибровать эталонными жидкостями (дистиллированная вода и др.) с известной диэлектрической проницаемостью. Полученные данные аппроксимировать и получить зависимость $\epsilon = f(C)$, [8, с. 4 – 5].

Для характеристики и оценки действия пластифицирующих добавок в бетон можно использовать ζ -потенциал и дипольный момент. Они дают представление об интенсивности основных процессов в системе «вода – цемент – заполнитель», благодаря которым достигается пластифицирующий эффект. Для определения этих параметров используется недорогие, простые по конструкции и в эксплуатации приборы, что позволяет широко использовать их в строительной практике.

Список литературы

1. Иванов, Ф. М. Добавка для бетонных смесей – суперпластификатор С-3 / Ф. М. Иванов, В. М. Москвин [и др.] // Бетон и железобетон. – 1978. – № 10. – С. 13 – 16.
2. Рамачандран, В. С. Добавки в бетон: справочное пособие // Р. Ф. Фельдман, М. Коллепарди [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
3. Фридрихсбеог Д. А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсбеог. – Л., Химия, 1984. – 368 с.
4. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1989. – 463 с.
5. Григоров, О. Н. Электрокинетические явления / О. Н. Григоров. – М.: Наука, 1973 г.
6. Минкин, В. И. Дипольные моменты в органической химии / В. И. Минкин, О. А. Осипов, Ю. А. Жданов. – Л.: Химия, 1968. – 246 с.
7. Осипов, О. А. Справочник по дипольным моментам / О. А. Осипов, В. И. Минкин, А. Д. Гарновский. – М.: Высшая школа, 1971. – 414 с.
8. Юхневский, П. И. Метод определения дипольных моментов порошкообразных добавок пластификаторов // П. И. Юхневский, Г. Т. Широкий, В. Г. Зарапин // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров РБ. – Брест: БрГТУ, 2009. – Ч. 2. – 302 с.

In article the action mechanism plastification additives for concrete is is short described such parametres of an estimation of efficiency of softeners as electrokinetic potential and the dipol moment, the reasons of their influence on plastification effect Are considered. The basic methods of definition of these characteristics, and also measuring devices and a principle of their action are described.

Научный руководитель – Д. Н. Савеня, старший преподаватель кафедры строительного материаловедения.

УДК 691.53

Е. Н. ПРАКАПОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВНН НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА

Рассмотрено влияние некоторых противоморозных добавок и добавок-ускорителей твердения на свойства цементных систем. В частности на нормальную плотность и сроки схватывания цементного теста, а также на изменение консистенции цементно-песчаного теста.

Введение. Как правило, противоморозные добавки и добавки-ускорители твердения, оказывают существенное влияние на сроки схватывания и водопотребность цементного теста, а также на механические свойства цементных систем. Следовательно, для того, чтобы исследуемый ВНН можно было отнести к группе химических добавок, обладающих такими свойствами, необходимо изучить его влияние на цементные системы.

Для изучения влияния ВНН на цементные системы согласно указанным ниже методикам были проведены эксперименты, в результате которых определены: нормальная густота и сроки схватывания цементного теста, а также изменения консистенции цементно-песчаной смеси.

Определение нормальной густоты цементного теста выполнялось по стандартной методике согласно ГОСТ 310.3 [1] с учетом требований ГОСТ 310.1 [2]. Для определения использовались: прибор Вика ОГЦ-1 с пестиком, кольцо к прибору Вика, чаша для затворений, лопатка для перемешивания и мерный стакан по [4].

Нормальная густота цементного теста. В соответствии с методикой определена нормальная густота цементного теста (НГ) для варианта без добавки, с добавкой нитрита натрия и ВНН. Полученные результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Влияние модификаторов на НГ и сроки схватывания цементного теста

Вид добавки	% по массе цемента	Нормальная густота, %	Изменение НГ по отношению к бездобавочному варианту, %
Без добавки	–	28,75	–
Нитрит натрия (NaNO ₂)	0,2	28,50	-0,87
	0,35	28,25	-1,75
	0,5	28,00	-2,65
	0,2	28,50	-0,87
	0,35	28,25	-1,75
	0,5	28,00	-2,65
	1,0	27,50	-4,46
	1,5	27,25	-5,45
ВНН	2,0	27,00	-6,42
	0,2	29,00	0,93
	0,35	29,25	1,72
	0,5	29,50	2,56
	1,0	29,75	3,39
	1,5	30,00	4,20
	2,0	30,25	5,00

Примечание – Использовался портландцемент ПЦ 500-Д20 производства ОАО «Крсносельскстройматериалы».

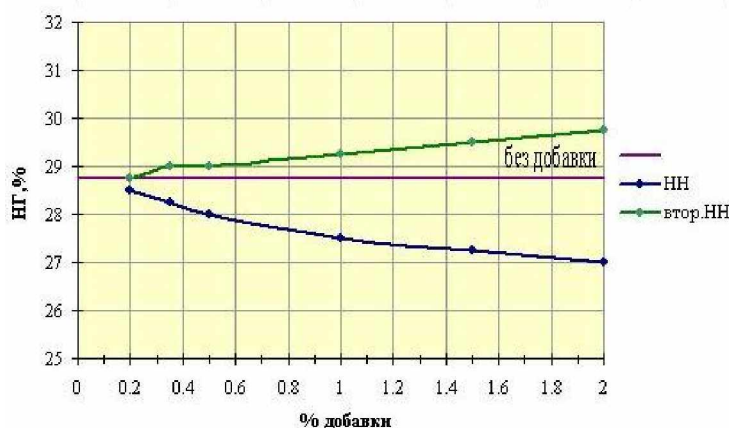


Рисунок 1 – Влияние добавок и их количества на НГ цементного теста

Установлено, что введение добавки нитрита натрия сокращает водопотребность цементного теста на 1 – 7 %, тогда как введение ВНН наоборот приводит к обратному эффекту, т.е. с увеличением количества ВНН водопотребность цементного теста увеличивается на 1 – 5 %.

Определение сроков схватывания цементного теста выполнялось по стандартной методике согласно [1] с учетом требований [2]. Для определения использовались: прибор Вика ОГЦ-1 с иглой, кольцо к прибору Вика, чаша для затворения и лопатка для перемешивания.

Сроки схватывания цементного теста. По методике определены сроки схватывания цементного теста без добавок и модифицированного. Результаты определения представлены в виде таблицы 2 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 2 – Сроки схватывания цементного теста

Вид добавки	% по массе цемента	Сроки схватывания	
		начало, ч-мин.	конец, ч-мин.
Без добавки	–	3 – 40	5 – 10
Нитрит натрия (NaNO_2)	0,2	4 – 10	5 – 20
	0,35	4 – 00	4 – 50
	0,5	3 – 55	5 – 00
	1,0	3 – 45	4 – 50
	1,5	3 – 40	4 – 50
	2,0	3 – 50	4 – 40
ВНН	0,2	3 – 30	4 – 50
	0,35	3 – 10	4 – 25
	0,5	1 – 10	2 – 30
	1,0	0 – 45	1 – 50
	1,5	0 – 30	1 – 10
	2,0	0 – 20	1 – 00

Примечание – использовался портландцемент ПЦ 500-Д20 производства ОАО «Крнесельскстройматериалы».

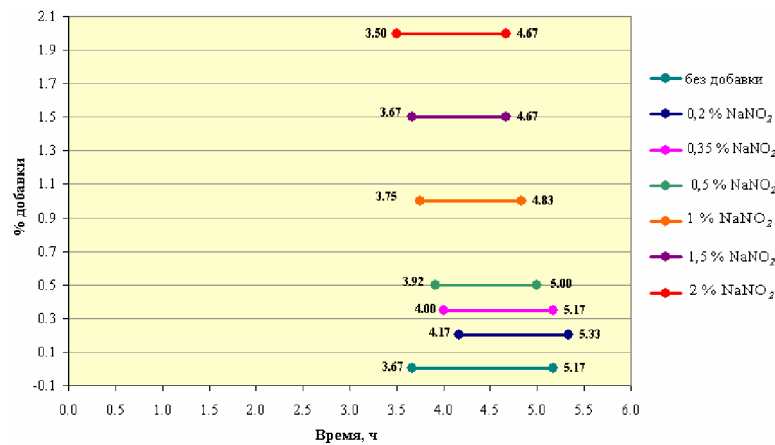


Рисунок 2 – Влияние добавки нитрита натрия на сроки схватывания цементного теста

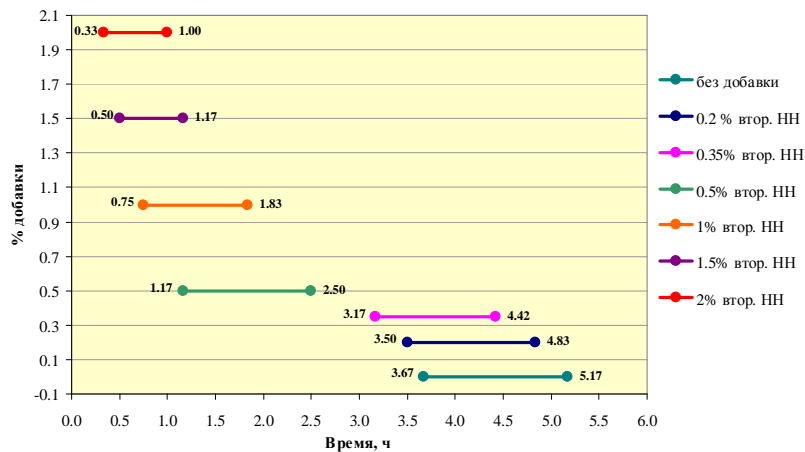


Рисунок 3 – Влияние добавки ВНН на сроки схватывания цементного теста

Нормальная плотность цементного теста из портландцемента ПЦ-500-Д0 составила 26,5 %.

По результатам определения сроков схватывания установлено, что нитрит натрия сокращает сроки схватывания относительно бездобавочного варианта незначительно. ВНН проявляет себя как более сильный ускоритель схватывания, чем нитрит натрия и позволяет сократить сроки схватывания на: начало – на 5 – 91 %; окончание – на 7 – 81 %.

Определение консистенции цементного раствора для проведения дальнейших испытаний выполнялось по ГОСТ 310.4 [3]. Использовались чаша для затворений, лопатка, встряхивающий столик, штыковка, форма-конус, мерный стакан по [4].

Изменение консистенции цементно-песчаной смеси. Изучение влияния добавок на изменение консистенции цементно-песчаной смеси выполнялось при достижении водоцементного отношения 0,46, что соответствовало по значению водоцементному отношению, необходимого для получения расплыва конуса на встряхивающем столике в пределах 106 – 115 мм и которое принималось для проведения дальнейших испытаний.

Определение изменения консистенции цементно-песчаной смеси проводилось при изменении количества и вида добавок. Полученные результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 4.

Таблица 3 – К определению консистенции цементно-песчаной смеси

Вид добавки	% по массе цемента	Средняя величина расплыва конуса, мм	Уменьшение консистенции по отношению к бездобавочному варианту, %
Без добавки	–	109,5	–
Нитрит натрия (NaNO ₂)	0,2	110,0	0,46
	0,35	110,5	0,91
	0,5	111,0	1,37
	1,0	112,5	2,74
	2,0	114,5	4,57
	3,0	115,3	5,30
	4,0	115,8	5,75
ВНН	0,2	107,0	-2,28
	0,35	105,5	-3,65
	0,5	104,5	-4,57
	1,0	103,8	-5,21
	2,0	102,5	-6,39
	3,0	101,3	-7,49
	4,0	100,0	-8,68
Кальцинированная сода (Na ₂ CO ₃)	1,0	106,6	-2,65
	3,0	100,9	-7,85
	5,0	100,0	4,57

Примечание – использовался Красносельский портландцемент ПЦ 500-Д20 при В/Ц = 0,46.

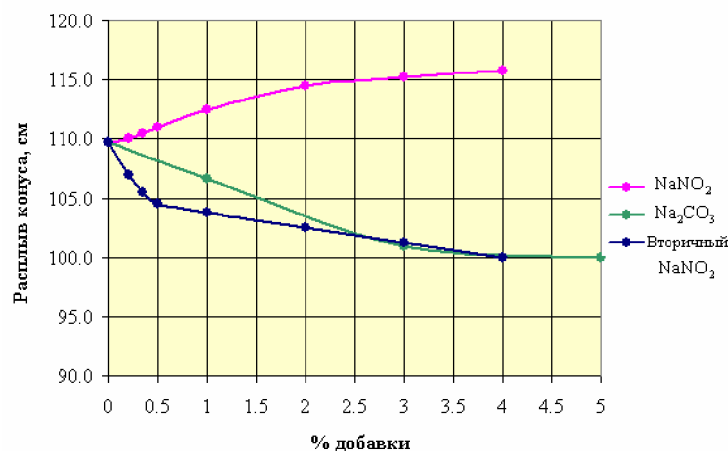


Рисунок 4 – Влияние добавок и их количества на консистенцию цементного раствора

Определено, что оптимальным водоцементным отношением, необходимым для достижения расплыва конуса 106 – 115 мм, является 0,46 для бездобавочного варианта. При указанном значении водоцементного отношения

растворная смесь с добавкой соды в количестве 1 – 3 % резко увеличивает свою консистенцию на 3 – 5 %, при введении ВНН консистенция также увеличивается на 2 – 9 %, но плавно.

В результате исследований было установлено:

1. Нормальная густота цементного теста из портландцемента ПЦ-500-Д0 составила 26,5 %, из ПЦ-500-Д20 – 28,75. При введении ВНН в количестве от 0,2 до 2 % по массе цемента НГ изменялась от 29 до 30,25 % что показывает увеличение водопотребности цементного теста на 1 – 5 % по отношению к бездобавочному варианту.

2. ВНН проявляет себя как сильный ускоритель схватывания натрия и позволяет сократить сроки схватывания на: начало – 5 – 91 %; окончание – 7 – 81 %.

3. Оптимальное водоцементное отношение цемента-песчаной смеси для достижения необходимого расплава конуса – 0,46. При указанном значении водоцементного отношения растворная смесь с добавкой соды в количестве 1 – 3 % резко увеличивает свою консистенцию на 3 – 5 %, при введении ВНН консистенция также увеличивается на 2 – 9 %, но плавно.

Список литературы

1. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема [Текст]: ГОСТ 310.3-76. – Взамен ГОСТ 310-60; введ. 1978-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1976. – 9 с.
2. Цементы. Методы испытаний. Общие положения [Текст]: ГОСТ 310.1-76. – Взамен ГОСТ 310-60; введ. 1978-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1976. – 3 с.
3. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии [Текст]: ГОСТ 310.4-81. – Взамен ГОСТ 310.4-76; введ. 1983-01-07. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1981. – 17 с.
4. Посуда и оборудование лабораторные фарфоровые. Технические условия [Текст]: ГОСТ 9147-80. – Взамен ГОСТ 9147-73, ГОСТ 6675-73, ГОСТ 6529-74; введ. 1982-01-01. – М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР: Издательство стандартов, 1980. – 18 с.

The article deals with the study of the influence of some anti-freezing additions and additions quickening solidification on the qualities of cement systems, in particular on an average density and the terms of freezing of cement solution as well as the changes in the consistency of cement and sandy solution.

Научный руководитель – Д. И. Сафончик, зав. кафедрой строительного производства, кандидат технических наук.

УДК 539.3.691.693

Е. Л. СИМАНКОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ ВНН

Приведено исследование химического состава ВНН, образующегося в качестве вторичного продукта на ОАО «Гродно Химволокно» при производстве полиамидных нитей.

С целью точного регулирования свойств цементных систем необходимо контролировать химический состав модификаторов [1 – 2]. Для исследования химического состава ВНН для его дальнейшего использования в качестве химической добавки в цементные растворы и бетоны был проведен ряд химических экспериментов.

Химический анализ образца ВНН. Для проведения химического анализа использовалась навеска образца ВНН массой 6,29 г. Для определения массы навески использовались весы лабораторные по ГОСТ 24104 [3]. Образец растворялся в небольшом количестве дистиллированной воды, количественно переносился в колбу на 200 см³ и доводился дистиллированной водой до метки.

Определение содержания нитрита натрия

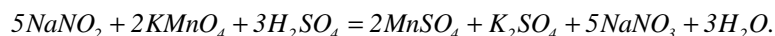
Для определения содержания нитрит-ионов использовался метод окислительно-восстановительного титрования [4].

В соответствии с указанным методом 20 см³ раствора $KMnO_4$ с концентрацией 0,1 моль-экв./дм³ мерной пипеткой по ГОСТ 29227 [5] переносилось в колбу по ГОСТ 12738 [6] на 250 см³, прибавлялось 100 см³ раствора H_2SO_4 с концентрацией 2 моль-экв./дм³ и 60 см³ дистиллированной воды. Приготовленный раствор нагревался на электрической плитке до температуры 40 – 45 °С и оттитровывался приготовленным исследуемым раствором образца вторичного нитрита натрия до полного обесцвечивания.

В результате титрования определены объёмы титранта:

$$V_1 = 8,85 \text{ см}^3; V_2 = 8,75 \text{ см}^3; V_{cp} = 8,80 \text{ см}^3.$$

В ходе химической реакции между нитритом натрия, перманганатом калия и серной кислотой происходит следующее:



Расчет концентрации $NaNO_2$ проводился по формуле

$$C(\frac{1}{2}NaNO_2) \cdot V(\frac{1}{2}NaNO_2) = C(\frac{1}{5}KMnO_4) \cdot V(\frac{1}{5}KMnO_4), \quad (1)$$

где $C(\frac{1}{2}NaNO_2)$ – молярная концентрация эквивалента нитрита натрия; $V(\frac{1}{2}NaNO_2)$ – объём раствора эквивалента нитрита натрия; $C(\frac{1}{5}KMnO_4)$ – молярная концентрация эквивалента перманганата калия; $V(\frac{1}{5}KMnO_4)$ – объём раствора эквивалента перманганата калия.

Из формулы (1) выражалась молярная концентрация эквивалента нитрита натрия:

$$C(\frac{1}{2}NaNO_2) = \frac{C(\frac{1}{5}KMnO_4) \cdot V(\frac{1}{5}KMnO_4)}{V(\frac{1}{2}NaNO_2)}, \quad (2)$$

$$C(\frac{1}{2}NaNO_2) = \frac{0,1 \text{ моль-экв./дм}^3 \cdot 20 \text{ см}^3}{8,80 \text{ см}^3} = 0,227 \text{ моль-экв./дм}^3.$$

Определение массовой доли $NaNO_2$ в образце ВНН проводилось по формуле

$$W(NaNO_2) = \frac{C(\frac{1}{2}NaNO_2) \cdot V_a \cdot M(\frac{1}{2}NaNO_2)}{m_0} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где $M(\frac{1}{2}NaNO_2)$ – молярная масса эквивалента нитрита натрия, которая определяется по формуле

$$M(\frac{1}{2}NaNO_2) = \frac{M(NaNO_2)}{Z}, \quad (4)$$

где $M(NaNO_2)$ – молярная масса нитрита натрия, определённая по таблице Менделеева; Z – число электронов, участвующих в процессе окисления или восстановления.

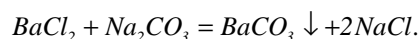
$$M(\frac{1}{2}NaNO_2) = \frac{69 \text{ г/моль}}{2} = 34,5 \text{ г/моль},$$

$$W(NaNO_2) = \frac{0,227 \text{ моль-экв./дм}^3 \cdot 0,20 \text{ дм}^3 \cdot 34,5 \text{ г/моль}}{6,29 \text{ г}} \cdot 100 \% = 24,9 \%$$

По результатам проведённого исследования по определению содержания нитрита натрия в отработанном нитрите натрия установлено, что массовая доля нитрита натрия в исследуемом образце 24,9 %.

Определение содержания карбоната натрия. Для определения содержания карбоната натрия использован гравиметрический метод, основанный на осаждении карбоната бария [7].

Согласно данному методу к 50 см³ раствора исследуемого образца ВНН медленно при постоянном перемешивании прикапывался раствор $BaCl_2$ с концентрацией 0,05 моль/дм³. Прикапывание проводилось до полного выпадения осадка. Осадок отфильтровывался на предварительно взвешенном стеклянном фильтре по ГОСТ 25336 [8], промывался водой до отрицательной реакции на ионы Ba^{2+} с Na_2SO_4 и высушивался в сушильном шкафу при температуре 105 ± 2 °С до постоянной массы. Химическая реакция между хлоридом бария и карбонатом натрия протекает по уравнению



Масса осадка $BaCO_3$ составила 0,7536 г.

Определение массовой доли Na_2CO_3 в исследуемом образце ВНН проводилось по формуле

$$W(Na_2CO_3) = \frac{m(BaCO_3) \cdot M(Na_2CO_3)}{M(BaCO_3) \cdot m_0} \cdot \frac{V_0}{V_a} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

$$W(Na_2CO_3) = \frac{0,7536 \text{ г} \cdot 106 \text{ г/моль}}{197 \text{ г/моль} \cdot 6,29 \text{ г}} \cdot \frac{200 \text{ см}^3}{50 \text{ см}^3} \cdot 100 \% = 25,8 \%$$

Пересчет массовой доли Na_2CO_3 в долю $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ проводился по формуле

$$W(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \frac{W(Na_2CO_3) \cdot M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)}{M(Na_2CO_3)}, \quad (6)$$

где $M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$ – молярная масса кристаллической соды, определённая по таблице Менделеева; $M(Na_2CO_3)$ – молярная масса карбоната натрия, определённая по таблице Менделеева.

$$W(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = \frac{25,8 \% \cdot 286 \text{ г/моль}}{106 \text{ г/моль}} = 69,6 \%$$

По результатам проведённого исследования по определению содержания карбоната натрия в образце ВНН установлено, что массовая доля карбоната натрия в нём 25,8 %, а в пересчёте на десятиводный карбонат натрия 69,6 %.

Химический состав образца ВНН представлен в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Химический состав ВНН

Наименование компонентов	Ед. изм.	Значение
Нитрит натрия ($NaNO_2$)	%	24,9
Карбонат натрия десятиводный ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$)	%	69,6
- карбонат натрия (Na_2CO_3)	%	25,8
Сажа	%	1
Капиллярная влага	%	4,5

Для водных растворов нитрита натрия, кальцинированной соды, ВНН определена температура замерзания. На основании полученных данных построены графики (рисунок 2), отражающие связь между концентрацией растворов и температурой их замерзания.

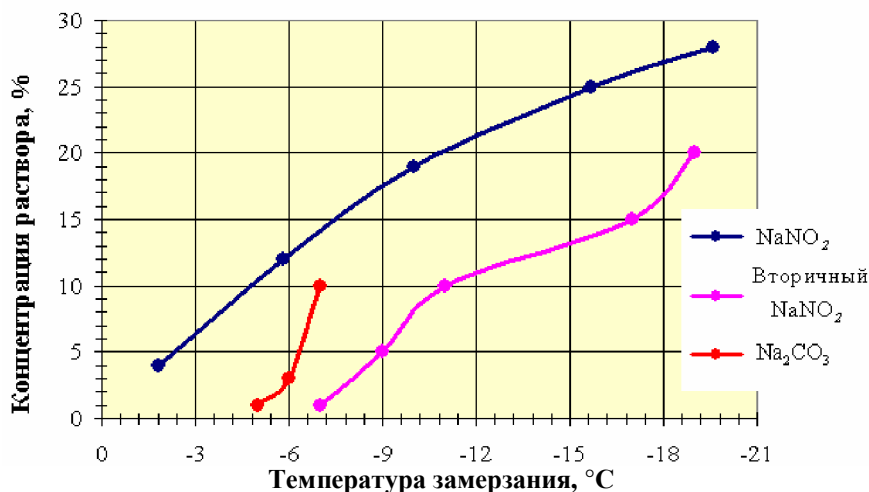


Рисунок 2 – Температура замерзания водных растворов добавок

Из графика видно, что температура замерзания водного раствора ВНН гораздо ниже, чем при такой же концентрации раствора нитрита натрия.

В ходе проведенных исследований определён химический состав отработанного нитрита натрия. Получены графики зависимости температуры замерзания водных растворов солей от их концентрации. Низкая температура замерзания водного раствора с ВНН дает основание предполагать, что при введении этой добавки в цементную систему, процессы гидратации вяжущего будут происходить и при отрицательной температуре.

The article deals with the study of the chemical structure of SSN derived as a secondary product at the public corporation "Grodno Chemical Fibre" at the production of polyamide threads.

Список литературы

1. Войтович, В. А. Повышение эффективности технологии зимнего бетонирования с применением противоморозных добавок / В. А. Войтович, А. А. Яворский, В. В. Матрос // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С.14 – 15.
2. Миронов, С. А. Бетоны, твердеющие на морозе / С. А. Миронов, А. В. Лагойда. – М.: Стройиздат, 1974. – 263 с.
3. Весы лабораторные. Общие технические требования: ГОСТ 24104-2001. – Взамен ГОСТ 24104-88; введ. 2002-07-01. – Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 8 с.

4. Аналитическая химия. Химические методы анализа / Под. ред. О. М. Петрухина. – М.: Химия, 1992. – 400 с.
5. Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 1. Общие требования: ГОСТ 29227-91. – Взамен ГОСТ 20292-74; введ. 1994-01-01. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР: Издательство стандартов, 1992. – 15 с.
6. Колбы стеклянные с градуированной горловиной. Технические условия: ГОСТ 12738-77. – Взамен ГОСТ 12738-67; введ. 1979-01-01. – М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР: Издательство стандартов, 1978. – 4 с.
7. Бабко, А. К. Количественный анализ / А. К. Бабко, И. В. Пятницкий. – М.: Высшая школа, 1968. – 508 с.
8. Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры: ГОСТ 25336-82. – Введ. 1984-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Издательство стандартов, 1982. – 102 с.

Научный руководитель – Д. И. Сафончик, зав. кафедрой строительного производства, кандидат технических наук.

УДК 624.07

С. В. СОКОЛОВА

ПРИМЕНЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Описываются основные свойства неметаллической арматуры, ее преимущества и недостатки, определены области для эффективного использования стеклопластиковой арматуры. Описаны возможности замены металлической арматуры на неметаллическую.

Интерес к неметаллической арматуре возник в середине XX столетия. В качестве несущей основы разработанной высокопрочной неметаллической арматуры было сначала принято непрерывное щелочестойкое стеклянное волокно, пучок которого объединялся в монолитный стержень посредством синтетических смол.

В этот период были всесторонне исследованы опытные изгибаемые элементы с данной арматурой под воздействием статических нагрузок, разработаны технологические правила по изготовлению арматуры и рекомендации по проектированию бетонных конструкций с неметаллической арматурой, намечены целесообразные области их применения.

Для улучшения сцепления арматуры с бетоном на стержни навивалась с усилением по спирали стеклянная нить, которая создавала ребристую поверхность. Такую стеклопластиковую арматуру наиболее эффективно использовать в предварительно напряжённых бетонных конструкциях и в конструкциях, к которым предъявляются особые требования в отношении коррозионной, электроизоляционной стойкости, немагнитности и радиопрозрачности. Использование неметаллической арматуры в сочетании со специальными бетонами (полимерными, полимерсиликатными) повышает эффективность её применения.

В начале 80-х годов неметаллическую арматуру в основном применяли для армирования бетонных мостов. В г. Дюссельдорф (Германия) построен мост для пешеходного движения с применением стеклопластиковой арматуры. В 1986 г. и 1988 г. в Японии построены мосты, в конструкции которых применена напрягаемая углепластиковая арматура. Положено начало использованию неметаллической арматуры в конструкциях морских портов сооружений. В США стеклопластиковая арматура применялась в качестве внешней напрягаемой арматуры при строительстве мостов. С использованием такой арматуры построен виадук в Великобритании.

В СССР исследования по созданию и изучению свойств высокопрочной неметаллической арматуры были начаты в 60-х годах. В 70-х годах XX века неметаллическая арматура была применена в конструкциях из лёгких бетонов (ячеистых бетонов, арболита и др.), а также в фундаментах, сваях, электролизных ваннах, балках и ригелях эстакад, опорных конструкциях конденсаторных батарей, плитах крепления откосов, без изоляторных траверсах и других конструкциях.

Начиная с 1972 года, неметаллическая арматура широко применялась при изготовлении электроизолирующих траверс для участков ЛЭП. Годовой экономический эффект от внедрения стеклопластбетонных траверс на 1 км линии электропередач составил 61,01 руб.

С 1975 года неметаллическая арматура нашла применение в деревянных конструкциях – построены два склада в районах г. Рогачев и г. Червень. Применение данной арматуры в деревянных конструкциях позволило снизить объем древесины на 22 %, массу конструкций – на 20 %. Стоимость сооружения по сравнению с существующими типовыми решениями складов такой же емкости снизилась в 1,7 раза. Закончено строительство первого в мире клееного деревянного моста длиной 9 м, балки которого с поперечным сечением 20×60 см изготовлены из древесины ели и армированы четырьмя предварительно напряжёнными пучками из четырёх стеклопластиковых стержней диаметром 4 мм [3].

В настоящий период времени интерес к неметаллической арматуре возрос. В Республике Беларусь разработано два нормативных документа для неметаллической арматуры:

– СТБ 1103-98. Арматура стеклопластиковая. Технические условия – Минск, 1998 г.

– Специальные технические рекомендации СТР 01-2011 по применению стеклопластиковой (неметаллической арматуры) – Минск, 2011 г.

По виду используемых волокон неметаллическая арматура классифицируется на два основных вида [1]:

– АКС – арматура композитная стеклопластиковая;

– АКБ – арматура композитная базальтопластиковая.

Армирование может быть внутренним, внешним и комбинированным, представляющим собой сочетание первых двух.

Внутреннее неметаллическое армирование применяется в конструкциях, эксплуатируемых в средах, агрессивных к стальной арматуре, но не агрессивных по отношению к бетону. Внутреннее армирование можно разделить на дискретное, дисперсное и смешанное. К дискретному армированию относятся отдельные стержни, плоские и пространственные каркасы, сетки. Возможна комбинация, например, отдельных стержней и сеток и др.

Дисперсное армирование заключается во введении в бетонную смесь при перемешивании рубленных волокон, которые в бетоне распределяются хаотично.

В случае агрессивности среды к бетону эффективной защитой является внешнее армирование. При этом внешняя листовая арматура может выполнять одновременно три функции: силовую, защитную и функцию опалубки при бетонировании.

Если внешнего армирования недостаточно для восприятия механических нагрузок, применяется дополнительная внутренняя арматура, которая может быть как стеклопластиковой, так и металлической.

Внешнее армирование разделяется на сплошное и дискретное. Сплошное представляет собой листовую конструкцию, полностью покрывающую поверхность бетона, дискретное - элементы сетчатого типа или отдельные полосы. Наиболее часто осуществляется одностороннее армирование растянутой грани балки или поверхности плиты. При одностороннем поверхностном армировании балок целесообразно завести отгибы листа арматуры на боковые грани, что повышает трещиностойкость конструкции. Внешнее армирование может устраиваться как по всей длине или поверхности несущего элемента, так и в отдельных, наиболее напряженных участках. Последнее делают только в тех случаях, когда не требуется защита бетона от воздействия агрессивной среды.

Стеклопластиковая арматура представляет собой гетерогенную систему, состоящую из ориентированных стеклянных волокон и полимерного связующего [2].

Высокопрочное стеклянное волокно в стеклопластиковой арматуре почти полностью воспринимает воздействие растягивающих либо сжимающих усилий, определяет деформативность арматуры, обуславливает изменение прочностных характеристик арматуры при воздействии агрессивных сред, температуры, влажности. Полимерное связующее выполняет роль клеящей среды, объединяющей отдельные волокна в монолитный стержень и обеспечивающей совместную их работу, а также защищает волокно от механических повреждений.

Анализ комплекса свойств исходного сырья, используемого при изготовлении, и результатов испытаний стеклопластиковых арматурных стержней показал, что арматура приобретает ряд отличительных свойств, к которым в первую очередь относится коррозионная стойкость и диэлектрические свойства. Кроме того, модуль упругости, температурный коэффициент линейного расширения и объемная масса стеклопластиковой арматуры значительно меньше, чем эти показатели у стальной арматуры.

Стеклопластиковое волокно обладает диэлектрическими свойствами. Электросопротивление стеклянного волокна зависит от температуры. При нагреве выше 100 °С волокно теряет влагу, поэтому электросопротивление его увеличивается, а после пребывания во влажной среде – уменьшается до первоначальных значений. Покрытие стеклянных волокон гидрофобными веществами предохраняет волокна от воздействия влаги и повышает их диэлектрические свойства.

Диэлектрические свойства стеклопластиковой арматуры можно использовать для создания принципиально нового вида строительных конструкций, в которых совмещаются несущие функции и электроизолирующая способность. Эти конструкции необходимо изготавливать из бетонов, обладающих электроизолирующими свойствами, и находят применение в строительстве линий электропередачи, распределительных подстанций, контактных сетей электрифицированных железных дорог и т.п.

В связи с более высокой стоимостью по сравнению со стальной арматурой, стеклопластиковая арматура используется, главным образом, в ответственных конструкциях, к которым предъявляются особые требования. Используются в конструкциях, в которых существует опасность коррозии арматуры. Скреплять стеклопластиковые стержни в каркасы можно с помощью пластмассовых элементов или связыванием.

Срок эксплуатации железобетонных конструкций при воздействии агрессивных сред резко сокращается. Замена их стеклопластбетонными ликвидирует затраты на капитальные ремонты, убытки от которых существенно возрастают, когда на время ремонта требуется остановка производства. Капиталовложения на возведение конструкций, где используется стеклопластиковая арматура, значительно больше, чем железобетонных. Однако через 5 лет они окупаются, а через 20 лет экономический эффект достигает двукратной стоимости возведения конструкций.

В процессе изготовления и эксплуатации бетонные конструкции со стеклопластиковой арматурой могут находиться в различных температурных и влажностных условиях. Как показали исследования, прочность арматуры предварительно выдержанной при температурах от -40 до +450 °С, остается постоянной. При снижении температуры прочность образцов арматуры возрастает и при температуре -40 °С повышается на 35..50 %. В интервале отрицательных температур наблюдается упрочнение стеклопластика. С повышением температуры прочность арматуры снижается. Это явление можно объяснить проявлением пластических свойств связующего. При температуре выше 350 °С прочность арматуры снижается [2].

В СССР при исследовании неметаллической арматуры особое внимание уделялось изучению химической стойкости и долговечности стекловолокна и арматуры на ее основе в бетоне в различных агрессивных средах.

В настоящий момент существует возможность получения стеклопластиковой арматуры со следующими показателями: временное сопротивление разрыву до 1500 МПа, начальный модуль упругости 50 000 МПа, плотность 1,8-2 т/м³ при весовом содержании стекловолокна 80 %, рабочая диаграмма при растяжении прямолинейна вплоть до разрыва, предельные деформации к этому моменту достигают 2,5 – 3 %, долговременная прочность арматуры в нормальных температурно-влажностных условиях составляет 65 % от временного сопротивления, коэффициент линейного расширения 5,5-6,5·10⁻⁶.

Можно выделить следующие *преимущества неметаллической арматуры* [2]:

- стеклопластиковая арматура не подвержена коррозии;
- кислотостойкая, стойкая к морской воде;
- стеклопластиковая арматура обладает высокими упругими свойствами;
- неэлектропроводна, является диэлектриком;
- композитная стеклопластиковая арматура практически не проводит тепло;

- радиопрозрачна;
- магнитоэнергична: не меняет свойства под воздействием электромагнитных полей;
- не теряет своих прочностных свойств при воздействии сверхнизких температур;
- легче металлической арматуры в 9 раз при равнопрочной замене;
- при равнопрочной замене металлической арматуры происходит снижение стоимости армирования на 30-40%;
- возможность сворачивать арматуру в бухты.

Но неметаллическая арматура обладает и рядом *недостатков*:

- модуль упругости композитной арматуры почти в 4 раза ниже, чем у стальной;
- композитную арматуру, в отличие от стальной, невозможно сваривать электросваркой;
- такой арматуре невозможно придать изгиб непосредственно на строительной площадке;
- имеет пониженную прочность на поперечную нагрузку.

Учитывая свойства неметаллической арматуры, ее широко применяют в следующих областях промышленно-гражданского и дорожного строительства [1]:

- в бетонных конструкциях зданий и сооружений различного назначения для использования в легких и тяжелых бетонах (плиты перекрытия и покрытия, в монолитных фундаментах);
- в качестве гибких связей трехслойных каменных стен зданий и сооружений гражданского, промышленного, сельскохозяйственного строительства, включающих несущий слой, облицованный слой и слой жесткого утеплителя;
- использование при укреплении берега;
- в морских и припортовых сооружениях;
- элементы инфраструктуры химических производств.
- изделия из бетонов с преднапряженным и ненапряженным армированием (осветительные опоры, опоры ЛЭП, изолирующие траверсы ЛЭП; дорожные и тротуарные плиты, железнодорожные шпалы;
- при возведении домов из несъемной опалубки;
- перспективно для создания сейсмостойчивых поясов зданий и сооружений как существующих, так и вновь возводимых.

Существует мнение, что стеклопластиковая арматура плохо взаимодействует с бетоном при температурных перепадах, но это не так. Коэффициент температурного расширения у бетона $0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}$ - следовательно, при увеличении температуры на $50 \text{ } ^\circ\text{C}$ расширение достигает примерно $0,5 \text{ мм/м}$, у стальной арматуры равна $0,00012 \text{ } ^\circ\text{C}$, а у стеклопластиковой арматуры равна $0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}$. Как видим данные очень близки с бетоном.

Неметаллическая композитная арматура может применяться как в виде отдельных стержней, так и в виде сеток и каркасов. Соединение арматуры - внахлест, длина анкеровки $70d$. Технология сборки каркасов из композитной и стальной арматуры аналогичны. Применяются те же приемы, оснастка и расходные материалы. Традиционно – вязка арматуры стальной проволокой или более эффективно и экономичнее - вязка с использованием самозатягивающихся полимерных стяжек.

Толщина защитного слоя у арматуры назначается из условия совместной работы арматуры и бетона. Важно обеспечить хорошее сцепление с бетоном. Это обеспечивается не только за счет адгезии между бетоном и стеклопластиком, но и за счет механического сцепления этих материалов. Для достижения этой цели профиль изготавливается с периодичной повторяемостью сечения.

Но стеклопластиковой арматурой в настоящее время нельзя повсеместно заменить стальную арматуру в железобетонных конструкциях. Данная арматура эффективна при создании конструкций, в которых используются специфические свойства этой арматуры, выгодно отличающие ее от стальной. К таким свойствам относятся высокая прочность и коррозионная стойкость, электроизолирующая способность, а так же немагнитность, радиопрозрачность и в определенной степени низкий модуль упругости. Поэтому к первоочередным областям использования стеклопластиковой арматуры, в которых можно получить существенный технико-экономический эффект, следует отнести создание долговечных коррозионностойких конструкций из специальных бетонов, предназначенных для эксплуатации при воздействии агрессивных сред, наложенного электрического поля, и несущих электроизолирующих конструкций. Кроме того, стеклопластиковая арматура может быть использована для армирования деревянных клееных конструкций, для строительства специальных зданий и сооружений [2].

Надо отметить, что сфера применения неметаллической арматуры постоянно расширяется. Использование данной арматуры в строительстве позволяет увеличить срок службы конструкции в несколько раз. Однако необходимы дополнительные исследования для эффективного использования механических и физических свойств неметаллической арматуры в строительных конструкциях.

Список литературы

1. СТБ 1103-98. Арматура стеклопластиковая. Технические условия [Текст]. – Введен впервые; введ. 1998-10-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998. – 36 с.
2. СТР-01-2011. Применение стеклопластиковой (неметаллической) арматуры [Текст]. – Введен впервые; введ. 2011-05-01. – Минск: РУП «Стройтехнорм»: РУП «Стройтехнорм», 2011. – 46 с.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / История развития неметаллической арматуры. – Режим доступа: <http://armatura.fo.ru/blog>. – Дата доступа: 15.04.2012.

In this article the basic properties of nonmetallic armature, its advantage and shortcomings are described, areas for effective use of fiberglass armatures are defined. Possibilities of replacement of metal armature on the nonmetallic are described.

Научный руководитель – А.Р. Волик доцент кафедры строительного производства, кандидат технических наук, доцент.

УДК 539.3.691.693

Н. А. ШЕЙБАК, О. В. БИЛИДА

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВТОРИЧНОГО НИТРИТА НАТРИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрено влияние широко используемых в нашей стране химических добавок на прочностные характеристики цементных систем. Наибольшее внимание было уделено вторичному нитриту натрия как наиболее доступной и выгодной добавке для Гродненского региона.

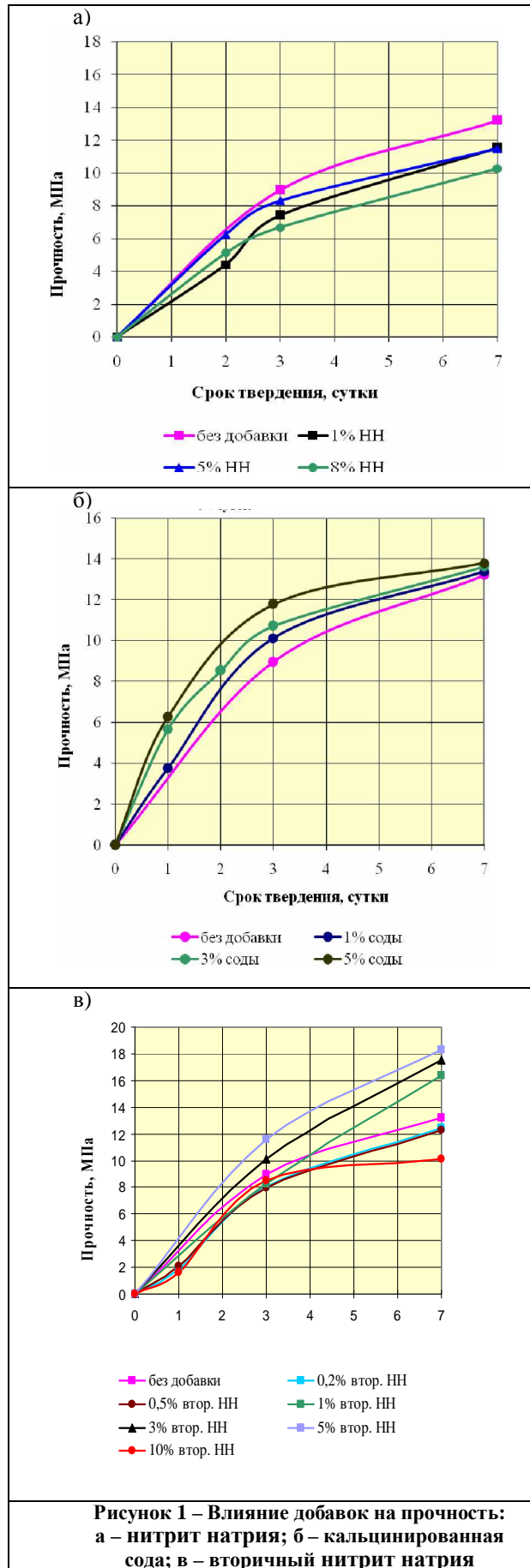
Существует ряд солей, которые можно использовать в качестве ускорителей твердения для цементных растворов [1]. К ним относят такие соли как нитрит натрия (NaNO_2), кальцинированная сода (Na_2CO_3). Численное выражение их воздействия на прочностные характеристики цементных образцов представлены ниже в таблице 1. Подробно было исследовано воздействие вторичного нитрита натрия с целью возможности дальнейшего его применения в качестве ускорителя твердения.

В лаборатории кафедры строительного производства производилось приготовление кубических образцов из цементно-песчаного раствора с различным количеством добавок нитрита натрия, вторичного нитрита натрия и кальцинированной соды и определялась прочность на центральное осевое сжатие проводилось в соответствии с ГОСТ 5802 [2] с использованием машины гидравлической с торсионным силоизмерением ИП 6084-100-0 и ИП-500-0 по ГОСТ 28840 [3].

Используя полученное водоцементное отношение, были приготовлены образцы-кубики с ребром 7,07 см для испытания на центральное осевое сжатие в различном возрасте твердения. Для эксперимента был использован портландцемент ПЦ 500-Д20. Результаты испытания представлены в виде таблицы 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Влияние исследуемых добавок на прочность раствора

Вид добавки	% добавки от массы цемента	Прочность образцов-кубиков, МПа, в возрасте суток							
		1		2		3		7	
Без добавки (при 20 °С)	–	–	–	–	–	8,66	8,96	11,14	13,2
						8,40		14,26	
						10,00		14,20	
Нитрит натрия (при 20 °С)	1	–	–	4,30	4,42	6,38	6,45	11,24	11,55
				4,41		6,37		12,05	
				4,54		6,60		11,37	
	5	–	–	6,11	6,25	8,27	8,31	11,97	11,50
				6,37		8,37		11,06	
				6,27		8,28		11,45	
	8	–	–	5,14	5,12	6,73	6,69	10,43	10,27
				5,10		6,65		10,19	
				5,11		6,68		10,19	
Кальцинированная сода (при 20 °С)	1	–	3,79	–	–	10,35	10,12	13,52	13,38
						10,34		13,28	
						9,97		13,33	
	3	–	5,68	–	8,54	10,73	10,72	13,53	13,61
						10,68		13,57	
						10,74		13,73	
	5	–	6,29	–	–	11,8	11,79	13,87	13,80
						11,75		13,67	
						11,81		13,85	
Вторичный нитрит натрия (при 20 °С)	0,2	–	1,86	–	–	8,50	7,99	12,19	12,42
						7,84		12,52	
						7,63		12,55	
	0,5	–	2,09	–	–	7,85	7,96	12,23	12,28
						7,11		12,37	
						8,92		12,23	
	1	–	2,01	–	–	8,51	8,23	16,40	16,36
						8,23		16,63	
						7,96		16,06	
	3	–	–	–	5,62	10,09	10,13	17,52	17,56
						10,17		17,75	
						10,14		17,40	
	5	–	–	–	6,67	11,29	11,59	18,11	18,26
						11,96		18,37	
						11,51		18,16	
10	–	1,62	–	–	8,72	8,46	8,50	10,15	
					11,11		11,11		
					10,83		10,83		



Полученные данные свидетельствуют о том, что введение добавки нитрита натрия в количестве 1 – 8 % от массы цемента не увеличивает относительной прочности образцов при твердении в нормальных условиях, но даже несколько её снижает. При этом абсолютная прочность увеличивается, но менее интенсивно, чем в варианте без добавок.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при введении в растворную смесь добавки кальцинированной соды в количестве 15 %, скорость набора прочности по отношению к бездобавочному варианту резко возрастает на протяжении 1 – 3 суток. Однако на седьмые сутки наблюдается резкое снижение темпов твердения.

При введении в растворную смесь добавки вторичного нитрита натрия в количестве 1 – 5 %, скорость набора прочности по отношению к бездобавочному варианту резко возрастает на протяжении 1 – 3 суток. Однако на седьмые сутки наблюдалось резкое снижение темпов твердения. При введении 0,2 и 0,5 % добавки прочность на 7-е сутки становится несколько ниже, чем в бездобавочном варианте.

В [4] описывается ряд экспериментов, которые проводились с целью выявления соответствия водного раствора отработанного нитрита натрия требованиям СТБ 1158 [5].

Результаты испытания образцов, твердевших при минус 5 °С, представлены в виде таблицы 2 и графиков на рисунке 2.

Таблица 2 – Влияние добавок нитрита натрия, вторичного нитрита натрия и соды на прочность при твердении в условиях отрицательных температур

Вид добавки	% добавки от массы цемента	Прочность образцов-кубиков, МПа, в возрасте суток						
		1		2		3		
Нитрит натрия (при -5 °С)	3	–	–	3,16	3,09	4,05	4,32	
				3,05		4,45		
				3,07		4,46		
Кальцинированная сода (при -5 °С)	3	1,10	1,04	–	–	3,22	3,19	
						1,08		3,12
						0,95		3,24
Вторичный нитрит натрия	3	–	–	5,32	5,45	6,77	6,82	
				5,53		6,91		
				5,50		6,78		

Полученные результаты подтверждают данные литературного обзора относительно добавки кальцинированной соды в цементные системы.

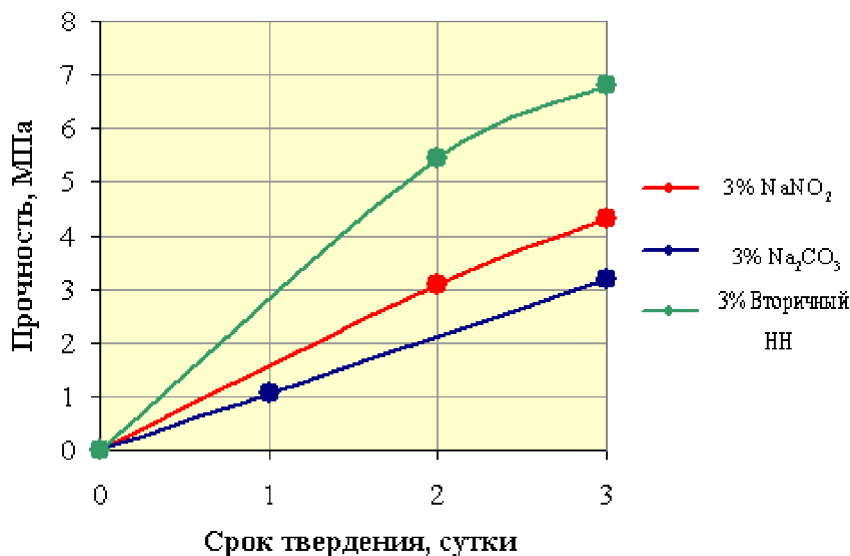


Рисунок 2 – Влияние добавки кальцинированной соды на прочность

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при твердении образцов с 3 % кальцинированной соды в условиях отрицательной температуры (минус 5 °С) скорость набора прочности происходит очень медленно. Введение соды в качестве ускорителя твердения при отрицательной температуре является нецелесообразным.

При твердении при отрицательной температуре (минус 5 °С) образцы с 3 % вторичного нитрита натрия интенсивно набирали прочность, в отличие от образцов с 3 % соды и 3 % нитрита натрия. Следовательно, имеет смысл вводить добавку вторичного нитрита натрия для ускоренного набора прочности в условиях твердения при отрицательной температуре.

В результате исследования было выявлено, что отработанный нитрит натрия можно использовать как добавку для ускорения твердения, как при положительной температуре, так и при отрицательной. Введение вторичного нитрита натрия в количестве 1, 3 и 5 % позволяет получать увеличение прочности строительных растворов на 24 – 38 % при твердении в нормальных условиях. При испытании образцов-кубов, которые хранились при температуре минус 5 °С вторичный нитрит натрия показывает результаты по прочности лучшие, чем при модификации образцов добавками нитрита натрия и соды.

При этом выявлено одно из немаловажных его достоинств – отсутствие высолов на цементных образцах.

Список литературы

1. Шейбак, Н. А. Добавка-модификатор – вторичный нитрит натрия / Н. А. Шейбак, Е. Л. Симанкович // Наука-2011: сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2011. – 497 с.
2. Растворы строительные. Методы испытаний [Текст]: ГОСТ 5802-78. – Взамен ГОСТ 5802-78; введ. 1986-07-01. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1981. – 22 с.
3. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования [Текст]: ГОСТ 28840-90. – Взамен ГОСТ 8905-87; введ. 1993-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1991. – 8 с.
4. Пракапович, Е. Н. Противогололёдная добавка – вторичное сырьё химических производств Гродненского региона / Е. Н. Пракапович, О. В. Билида // Наука-2011: сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: О. В. Янчуревич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2011. – 497 с.
5. Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог. Общие технические условия. [Текст]: СТБ 1158-2008. – Введ. 2009-01-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2000. – 11 с.

Научный руководитель – Д.И. Сафончик, зав. кафедрой строительного производства, кандидат технических наук.

УДК 72.03(075.8)

Л. В. ШИМКО

МИРСКИЙ ЗАМОК КАК АРХИТЕКТУРНЫЙ ШЕДЕВР ЧАСТНОВЛАДЕЛЬЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА XIV – XVII вв.

Работа имеет целью изучение и анализ особенностей формообразования такого уникального и неповторимого по своим образным характеристикам памятника средневековой архитектуры, как Мирский замок. Особое внимание уделено исследованию элементов готики и ренессанса, коими в полной мере наделён рассматриваемый объект, а также национальных черт, придающих истинно белорусский колорит Мирскому замку, являющему собой неподражаемый пример средневеково-частновладельческого строительства на белорусских землях.

Зодчество Беларуси XIV – XVII вв. носило ярко выраженный оборонительный характер. Это связано со сложной социально-политической ситуацией: вхождение белорусских земель в состав Великого Княжества Литовского (ВКЛ) и Речи Посполитой (РП), постоянная агрессия со стороны русских и европейских завоевателей, а также междоусобные феодальные войны.

Это время характеризуется ростом экономического могущества крупных местных магнатов, по воле которых возводились оборонительные сооружения. Различия в величине и мощи укреплений находились в прямой зависимости от финансовых возможностей феодалов. Значимыми фигурами того времени явились Радзивиллы, Сапеги, Ильиничи и др.

Начиная со второй половины XV в. в замковом зодчестве определилась ярко выраженная тенденция – использование собственной интерпретации достижений европейской фортификации, наряду с развитием местных строительных традиций. Несмотря на то, что частновладельческая архитектура представляла собой мощный потенциал замкового зодчества, данная тенденция всё ещё недостаточно исследована.

Вне всякого сомнения, памятником-шедевром частновладельческой архитектуры этого периода является Мирский замок (рисунок 1).

Замок в местечке Мир Гродненской области был возведён на правом берегу реки Мирянки. Очертание плана представляет собой несколько перекошенный прямоугольник. На каждом из четырёх углов возвышается мощная башня, выступающая за периметр стен. Пятая – въездная – размещена в центре западной стены, обращенной к городу. В глубине двора разместился трехэтажный дворец, пристроенный к северной и восточной стенам замка.



Рисунок 1 – Мирский замок. XIV – XVII вв.

Мирский замок был построен в 1506 – 1510 гг. и до 1568 г. принадлежал роду Ильиничей. Впоследствии он оказывался во владении Радзивиллов, Гоген-Лоэ, Берлинбургов, Витгенштейнов.

Архитектуре комплекса в целом и отдельных частей Мирского замка присущи простота и лаконизм форм. Все башни замка имеют четырёхгранную основу с восьмигранной сужающейся верхней частью. В пластике фасадов использовано чередование различных по форме и размерам декоративных ниш, тяг и орнаментальных поясов.

По всему периметру стен, на высоте около 8 м. от земли, устроен орнаментальный пояс шириной около 70 см., выполненный из шести рядов кирпичной кладки. Верхний и нижний ряды – кирпичи, положенные на угол в виде традиционного поребрика. Между ними – полоса заглублённой кладки, побеленная известью.

В мирском замке наблюдается не характерный для оборонительного сооружения окраску фасадов. Углублённая отштукатуренная поверхность декоративных ниш была выкрашена в розовый цвет. Красились и швы между кирпичами. Окраска выполнена в духе известных ещё в язычестве традиций белорусского национального орнамента.

Все башни Мирского замка конструктивно и стилистически подобны друг другу, составляя целостную архитектурную композицию и, в то же время, каждая из них имеет свой индивидуальный облик. Орнаментальные пояса башен продолжают идентичные по рисунку и технике исполнения пояса на пряслах стен и полуциркульных нишах. Каждая башня имеет по пять ярусов боя с большим количеством бойниц и сложную систему переходов [1, с.137]. Башни поставлены с таким расчетом, чтобы удобно было вести фланговый огонь вдоль прясел стен и поражать цель на подступах к ним. Большинство бойниц предназначалось для стрельбы из пушек. Все башни спланированы как самостоятельные узлы обороны: в случае прорыва противника внутрь двора и штурма извне из них можно было вести круговой обстрел.

Главная (въездная) башня Мирского замка имеет шесть ярусов и покоится на фундаменте размером 12×12 м. Башня исполин украшена орнаментальными поясами и декоративными нишами разного размера и формы, аккумулирующими в себе традиционные приёмы и средства орнаментации местного каменного зодчества. Это и древнеславянский поребрик, и аркатурные фризy, и ниши – круглые, трёхчастные, полуциркульные, стрельчатые, прямоугольные. Завершается башня поясом «варовых окон». Кроме того, отличительной особенностью башни служит то, что второй и третий этажи со сводчатыми перекрытиями имели, соответственно, шесть и семь бойниц для стрельбы из мушкетов и пушек.

Для дополнительного укрепления входа в замок к центральной башне была пристроена подковообразная стенка-барбакан толщиной 1,25 м. Верх стены венчают зубцы и бойницы, окаймляющие боевую галерею. В начале XVII в. важнейшими элементами обороны Мирского замка служили бастионные укрепления, насыпанные из глины, крупного песка и земли.

Строительство замка осуществлялось в несколько этапов. В первом десятилетии XVI в. были сооружены стены и башни, а на юго-западном участке построили кирпичное одноэтажное помещение. Принято считать, что по своим конструктивным признакам первоначальные элементы замка – готические. Но их эстетика вовсе не согласуется с классической характеристикой готики как архитектуры мрачного средневековья.

Второй этап строительства пришёлся на 20 – 30 гг. XVI в., когда к южной и восточным стенам пристроили одноэтажный корпус с обширным подвалом. В подвале был каменный пол, стены не белились, для отопления использовались примитивные камины. Завершенные ранее башни и стены замка, которые непосредственно не примыкали к новому дворцу, остались почти без изменений. Для возведения стен использовалась трёхслойная кладка: наружные части стены выкладывались из кирпича и камня, а внутренняя, составляющая ее основной массив, представляла собой забутовку из мелкого камня и кирпичного боя [2, с.169].

На третьем этапе (вторая пол. XVI в. – первая пол. XVII в.) одноэтажный корпус надстроили ещё двумя этажами, а в конце XVI – начале XVII вв. возвели стену «предбрамья» [1, с.140].

После второго этапа строительства Мирского замка (рисунок 2), теперь уже дворцово-замкового комплекса, к готическим чертам прибавились элементы итальянского Ренессанса. Однако тесное переплетение этих двух, казалось бы, несовместимых стилей, не нарушило композиционной целостности и художественной выразительности комплекса.

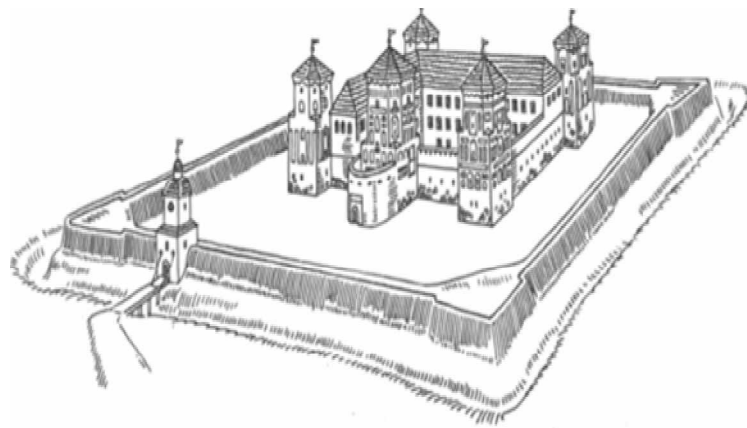


Рисунок 2 – Мирский замок. Начало XVII вв. Реконструкция по материалам М. А. Ткачёва

В конце XVI в. главное предназначение замка было ориентировано на удовлетворения не только жизненных потребностей, но и духовных. В это время замок переходит к Радзивиллам. К возведению замка был привлечён итальянский монах, архитектор Ян Мари Бернадони. В архитектуре замка мирно соседствуют готика и Ренессанс, традиции западноевропейского и восточнославянского зодчества. Заново созданные жилые корпуса представляют собой классический образец итальянского ренессансного дворца, построенного на основе местных строительных материалов.

В 1891 г. Мирский замок со всеми окрестностями стал собственностью героя русско-турецкой войны князя Николая Святополка Мирского, а после 20-х гг. XX в. перешёл в руки Михаила Святополка Мирского. Во время немецко-фашистской оккупации в 1941 – 1942 гг. в замке размещались лагерь военнопленных и еврейское гетто [2, с.171].

Научно-исследовательские и проектные работы по реставрации Мирского замка начались в 1968 г., а практическая реставрация – только в 1983 г. В 1987 г. замок стал филиалом национального художественного музея РБ и был внесён в список всемирного культурного и природного наследия международной организации ЮНЕСКО.

Особого внимания при изучении архитектурных особенностей Мирского замка заслуживают элементы готики и ренессанса. Так к сугубо готическим элементам (поздняя готика) замка можно отнести стрельчатые арки, крестовые своды, профилированный кирпич, своеобразие кладки, неоштукатуренный декор. Элементы ренессанса характерны для замка Радзивиллов [2, с. 59] – этот период характеризуется продуманностью планировки корпусов, их ориентацией на комфорт, богатством интерьера верхних этажей, организацией пространства вокруг замка. Тесное переплетение этих двух стилей, не нарушившее композиционной целостности Мирского замка, даёт основание считать уникальным произведением архитектуры.

Особое внимание стоит обратить на строительные материалы и приёмы, обеспечившие реальность существования замка в наши дни. Использовались прочные известковые растворы и штукатурки, центральные кирпичи в кладке хорошо прожигались, а крайние пережигались (из «пережога» выкладывали рисунок, был распространён сетчатый рисунок кладки, шахматные вставки).

В географическом отношении – это самый восточный каменный частновладельческий замок в Европе. Частновладельческий замок можно рассматривать как материальное выражение абсолютной свободы, независимости и силы его владельца. Система укреплений Мирского замка (пять башен – самостоятельные оборонительные узлы, стены толщиной до 3м и высотой около 13 м., 9-метровые земляные валы и пр.) давала возможность его эффективной защиты от всякого рода завоевателей.

Кроме того, его основатель Юрий Ильич, выходец из древнего белорусского рода герба Корчаков [3, с. 525], особое значение придавал презентабельности своей резиденции. Декор башен и оборонительных стен составляют поребрики, полуколонны, ниши, пояски, которые оштукатурены и побелены. О.Шпенглер отмечал: «Замок с его башнями, стенами и рвами говорит о могуществе протекающей жизни» [4, с. 351].

В частновладельческом строительстве нашли отражение характерные черты феодальной культуры. Наличие замка служило подтверждением древности и знатности рода, демонстрировало особое положение его представителей. Замок в Мире – выдающееся произведение не только белорусского, но и мирового зодчества. В его архитектуре нашло зримое отражение эпоха феодализма: за мощными стенами и башнями, способными защитить владельца от неприятеля, стоял богатый дворец – резиденция магната. Выполненный из камня и кирпича, окружённый земляными валами с бастиями и рвами с водой, замок своей монументальностью и неприступностью олицетворял силу и неограниченную власть магната.

Список литературы

1. Ткачѳв, М. А. Замки Беларусі / М. А.Ткачѳв. – Минск: Беларусь, 2007. – 200с.
2. Чантурия, В. А. Памятники архитектуры и градостроительства Белоруссии / В. А. Чантурия. – Минск: Полымя, 1986. – 240 с.
3. Ткачоў, М. А. Абарончыя збудаванні заходніх зямель Беларусі XIII – XVIII стст. / М. А. Ткачоў. – Мінск: Навука і тэхніка, 1978.
4. Шпенглер, О. Закат Европы. Очерки морфологии мировой истории / О. Шпенглер; пер. и прим. И. И. Маханькова. – М.: Мысль, 1998. – 538 с.

In the work examined achitecture peculiarities of the Mirski Castle. Special attention is given to the research of the elements of Gothic and Renaissance in castle erection. The study of reflection of the national colour traits in castle construction became the important part of the analysis.

Научный руководитель – А. С. Давидович, доцент кафедры строительного производства, кандидат архитектуры.

ФИЗИКА

УДК 530.1

М. С. БУКАТИН

ФРАКТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Фракталы находят все большее и большее применение в науке. Основная причина этого заключается в том, что они описывают реальный мир иногда даже лучше, чем традиционная физика или математика.

Одним из способов количественного описания физических объектов является его фрактальная размерность. Доказано что большое количество физических объектов, встречающихся в природе имеют фрактальную структуру. Изначально фрактальные объекты появились как математические конструкции, в дальнейшем применение этого понятия распространилось на описание структуры физических объектов. Таким образом, определение фрактальной структуры объекта может дать информацию о физических свойствах объекта. Изучение физических свойств в зависимости от структуры предваряется математическим описанием структуры. Модельные представления таких объектов необходимы для исследования реальных физических объектов. В работе описаны методы (алгоритмы) генерирования фрактальных структур и разработана программа для компьютерной реализации. Реальными физическими объектами, имеющими фрактальную структуру, встречающимися в природе являются:

- компьютерные системы. Наиболее полезным использованием фракталов в компьютерной науке является фрактальное сжатие данных. В основе этого вида сжатия лежит тот факт, что реальный мир хорошо описывается фрактальной геометрией. При этом картинки сжимаются гораздо лучше, чем это делается обычными методами (такими как jpeg или gif). Другое преимущество фрактального сжатия в том, что при увеличении картинки, не наблюдается эффекта пикселизации (увеличения размеров точек до размеров, искажающих изображение). При фрактальном же сжатии, после увеличения, картинка часто выглядит даже лучше, чем до него.

- механика жидкостей. Изучение турбулентности в потоках очень хорошо подстраивается под фракталы. Турбулентные потоки хаотичны и поэтому их сложно точно смоделировать. И здесь помогает переход к из фрактальному представлению, что сильно облегчает работу инженерам и физикам, позволяя им лучше понять динамику сложных потоков.

При помощи фракталов также можно смоделировать языки пламени. Пористые материалы хорошо представляются в фрактальной форме в связи с тем, что они имеют очень сложную геометрию. Это используется в нефтяной науке.

- телекоммуникации. Для передачи данных на расстояния используются антенны, имеющие фрактальные формы, что сильно уменьшает их размеры и вес;

- физика поверхностей. Фракталы используются для описания кривизны поверхностей. Неровная поверхность характеризуется комбинацией из двух разных фракталов;

- медицина.

1. Биосенсорные взаимодействия.

2. Биения сердца.

- Биология. Моделирование хаотических процессов, в частности при описании моделей популяций.

«Фрактал – это множество точек, размерность Хаусдорфа-Безиковича которых не совпадает с их топологической размерностью» – это пробное определение фрактала, данное основателем теории фракталов Мандельбротом, можете считать эпиграфом к данной модели, и не более.

Теория фракталов сегодня находит применение в физике, биологии, экономике, компьютерной графике. Методы теории фракталов позволяют генерировать разнообразные структуры, которые поразительным образом похожи на структуры, создаваемые природой. Исследуя свойства этих структур на модельных объектах, можно прогнозировать параметры реальных физических объектов.

Решётка Серпинского. Это один из фракталов, с которыми экспериментировал Мандельброт, когда разрабатывая концепции фрактальных размерностей и итераций. Треугольники, сформированные соединением средних точек большего треугольника, вырезаны из главного треугольника, образуя треугольник, с большим количеством дырочек. В этом случае инициатор – большой треугольник, а шаблон – операция вырезания треугольников, подобных большому. Так же можно получить и трехмерную версию треугольника, используя обыкновенный тетраэдр и вырезая маленькие тетраэдры. Размерность такого фрактала $\ln 3 / \ln 2 = 1.584962501$.

Чтобы получить ковер Серпинского, возьмем квадрат, разделим его на девять квадратов, а средний вырежем. То же сделаем и с остальными, меньшими квадратами. В конце концов образуется плоская фрактальная сетка, не имеющая площади, но с бесконечными связями. В своей пространственной форме, губка Серпинского преобразуется в систему сквозных форм, в которой каждый сквозной элемент постоянно заменяется себе подобным. Эта структура очень похожа на разрез костной ткани. Когда-нибудь такие повторяющиеся структуры станут элементом строительных конструкций. Их статика и динамика, считает Мандельброт, заслуживает пристального изучения.

Ковер Серпинского. Это два абсолютно разных объекта. В этом фрактале, инициатор и генератор одинаковы. При каждой итерации, добавляется уменьшенная копия инициатора к каждому углу генератора и так далее. Если при создании этого фрактала произвести бесконечное число итераций, он бы занял всю плоскость, не оставив ни одной дырочки. Поэтому его фрактальная размерность $\ln 9 / \ln 3 = 2.0$.

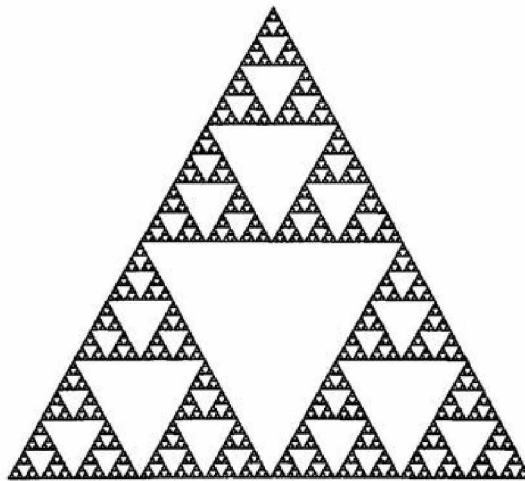


Рисунок 1 – Ковер Серпинского

Кривая Кох. Кривая Коха один из самых типичных детерминированных фракталов. Она была изобретена в девятнадцатом веке немецким математиком по имени Хельге фон Кох, который, изучая работы Георга Контора и Карла Вейерштрассе, натолкнулся на описания некоторых странных кривых с необычным поведением. Инициатор - прямая линия. Генератор - равносторонний треугольник, стороны которого равны трети длины большего отрезка. Эти треугольники добавляются к середине каждого сегмента снова и снова. В своем исследовании, Мандельброт много экспериментировал с кривыми Коха, и получил фигуры, такие как Острова Коха, Кресты Коха, Снежинки Коха и даже трехмерные представления кривой Коха, используя тетраэдр и прибавляя меньшие по размерам тетраэдры к каждой его грани. Кривая Коха имеет размерность $\ln 4 / \ln 3 = 1,261859507$.

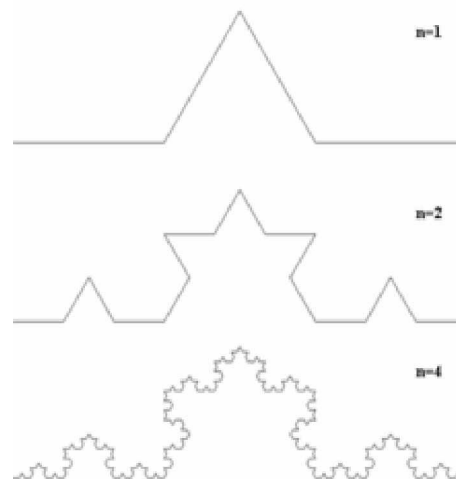


Рисунок 2 – Кривая Коха

Различают геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. В нашей модели мы рассмотрим геометрические и стохастические фракталы. Первые позволяют понять важнейшее свойство фрактальных объектов – самоподобие, а вторые – по способу генерации очень похожи на реальные физические объекты: деревья, кристаллы, природные узоры. Чтобы понять суть теории фракталов надо обратиться к специальной литературе, мы же только скромно проиллюстрируем методы получения некоторых фрактальных структур.

На рис. 3 представлены геометрические структурные объекты. Мы можем дать им качественную характеристику: сложный, извилистый, распределенный, ветвистый и т.д. Если присмотреться, то такие же качественные характеристики применимы к структуре окружающих нас предметов. Рассмотрим количественные параметры, характеризующие структуру этих объектов. Сначала рассмотрим, как такие объекты получаются.

Первый объект (кривая Кох) получен по следующим правилам. Отрезок $(X_1 Y_1) - (X_2 Y_2)$ длиной r делится на три равные части ($\delta = 1/3$). Центральная часть отрезка трансформируется в два отрезка поворотом на углы 60° и -60° в точках деления отрезка. В результате получаем четыре новых отрезка, которые преобразуются аналогичным способом. И так до бесконечности.

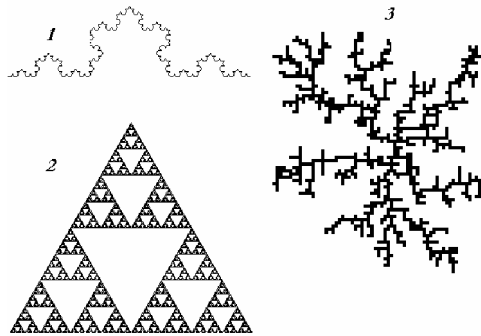


Рисунок 3 – Фракталы

Рассмотрим алгоритм построения второго объекта (ковер Серпинского). Стороны равностороннего треугольника делятся пополам и соединяются отрезками. Полученные 3 новых треугольника (центральный треугольник не рассматривается) преобразовываются аналогично. И так до бесконечности.

Третий объект построен по методу Виттена-Сандера. Рассматривается плоская сетка. В центральную ячейку помещается частица-затравка. Затем, на периферии области запускается другая частица, которая перемещается по ячейкам случайным образом – диффундирует. Если эта частица попадает в ячейку, имеющую общие грани с частицей-затравкой, то она к ней прилипает. Образовывается кластер. После этого запускается следующая частица и блуждает до тех пор, пока не прилипнет к кластеру. Подобные методы генерирования кластеров называются LDA-методы (Limited Diffusion Agregation – ограниченная диффузией агрегация).

Список литературы

1. Кроновер, Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Р.М. Кроновер. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
2. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002.
3. Пайтген, Х.-О. Красота фракталов / Х.-О. Пайтген, П.Х. Рихтер. – М.: Мир, 1993.
4. Федер, Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991.
5. Шредер, М. Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая / М. Шредер. – Ижевск: РХД, 2001.
6. Фоменко, А. Т. Наглядная геометрия и топология / А. Т. Фоменко. – М.: МГУ, 1993.

Fractals find the increasing and the increasing application in a science. The principal cause of it consists that they describe the real world sometimes even better, than the traditional physics or mathematics.

Научный руководитель – А. В. Никитин, зав. кафедрой теоретической физики, кандидат технических наук, доцент.

УДК 530.1

В. В. ГУЛЕЦКИЙ

СЛУЧАЙНЫЕ БЛУЖДЕНИЯ

Метод случайных блужданий находит широкое применение в задачах теоретической физики. Его приложения, базирующиеся исторически на броуновском движении, применимы для анализа широкого круга физических задач.

В 1825 году английский ботаник Р. Броун, рассматривая пыльцу некоторых растений в микроскоп, открыл **броуновское движение** – хаотическое движение микроскопических твердых частиц взвешенных в жидкости. А в 1907 французский ученый Ж. Перрен был удостоен Нобелевской премии по физике за серию опытов по исследованию этого явления. В настоящее время с помощью школьного микроскопа можно наблюдать непрерывное движение частиц в жидкости.

Как при построении любой модели, и в данном случае мы сделаем ряд существенных упрощений, не смотря на которые, основные характеристики хаотического движения останутся в силе. Заметим также, что часто хаотическое движение называют **случайными блужданиями**.

Будем считать, что частица движется в одной в плоскости, в которой мы зададим декартовую систему координат (рис. 1). Будем считать, что за малые (одинаковые) промежутки времени Δt частица смещается на одинаковое расстояние λ , но направление этого смещения каждый раз случайно изменяется, причем направление смещения равновероятно во всех направлениях. В этом приближении угол ϕ между направлением очередного смещения и осью X следует рассматривать как случайную величину, равномерно распределенную в интервале $[0, 2\pi]$. Промоделировать значение этого угла можно с помощью генератора случайных чисел RND (напомним, мы договорились обозначать значение случайной величины, равномерно распределенной в единичном интервале символом ξ):

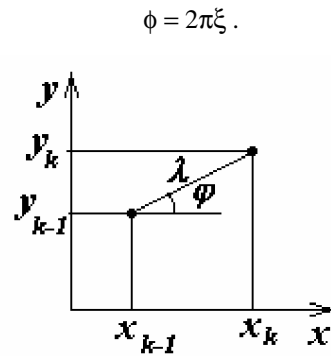


Рисунок 1 – Частица в декартовой системе координат

Смещения частицы вдоль осей координат за один шаг определяются по формулам:

$$\Delta x = \lambda \cos \phi,$$

$$\Delta y = \lambda \sin \phi.$$

Выберем систему единиц, в которой $\lambda = 1$, кроме того, будем измерять время в единицах Δt . Также будем считать, что в начальный момент времени частица находилась в начале системы координат. Теперь можно записать систему соотношений, описывающих случайное движение частицы в рамках сделанных приближений:

$$\phi_k = 2\pi\xi_k;$$

$$x_k = x_{k-1} + \cos \phi_k; \quad y_k = y_{k-1} + \sin \phi_k;$$

$$\text{при } t = 0 : x_0 = 0; \quad y_0 = 0,$$

где (x_k, y_k) – координаты частицы в момент времени $t = k$.

Построить траекторию (или несколько траекторий) по этим формулам не представляет никакого труда. Используя модель можно получить траектории, показанные на рис. 2. Найти в этих рисунках какую-нибудь закономерность невозможно, просто потому, что ее там нет. Тогда попытаемся найти закономерности, возникающие при рассмотрении движения множества частиц.

На рис. 3 показан результат такого построения положений частиц при $N_{\max} = 2000$ для различных значений времени движения, при условии, что первоначально все частицы находились в начале координат и число шагов $t = 10, 100, 1000$. Полученный результат можно представить как результат диффузии N_{\max} частиц, первоначально находившихся в одной точке. Результат достаточно понятен – происходит расплывание «облака» частиц. Попробуем найти закономерности, которым подчиняется размер области.

Видно, что размер области, занимаемой частицами, растет не пропорционально времени, а значительно медленнее. Поэтому в качестве характеристики размера области выберем квадрат смещения частицы. Посмотрите, как изменяется квадрат смещения частицы от времени.

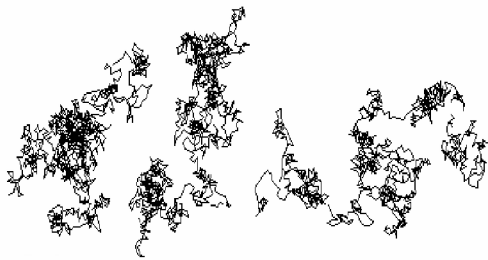


Рисунок 2 – Траектория движения частицы

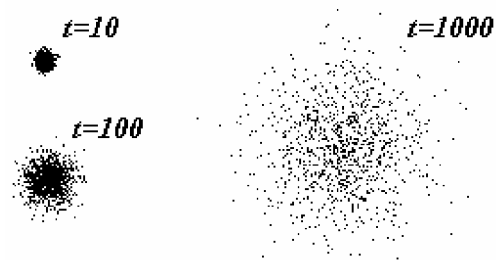


Рисунок 3 – Результат построения положений частиц

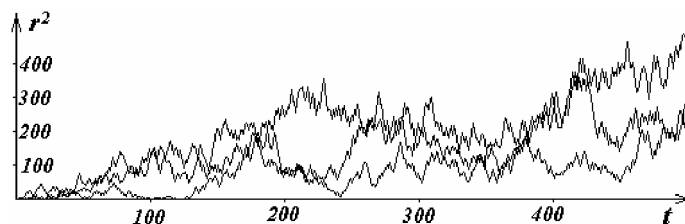


Рисунок 4 – Зависимия для трех реализаций случайного движения

В этих графиках сразу строгая закономерность не появится, так как процесс случайный. Для усреднения удобно использовать рекуррентную формулу, для вычисления средних значений. Также имеет смысл рассмотреть дисперсии средних значений. Выпишем еще раз формулы для расчета средних и их дисперсий. После того как мы получили значения координат точки (x_{ki}, y_{ki}) в момент времени $t = k$ в i -й реализации необходимо:

1) произвести расчет квадрата смещения в данный момент времени

$$r_{ki}^2 = x_{ki}^2 + y_{ki}^2;$$

2) произвести пересчет значений средних и дисперсий:

$$\delta = r_{ki}^2 - Rm_k;$$

$$Rm_k := Rm_k + \frac{\delta}{i};$$

$$Sm_k := \frac{(i-1)}{i} \left(Sm_k + \frac{\delta^2}{i} \right);$$

Rm_k – среднее значение квадрата перемещений в k -й момент времени.

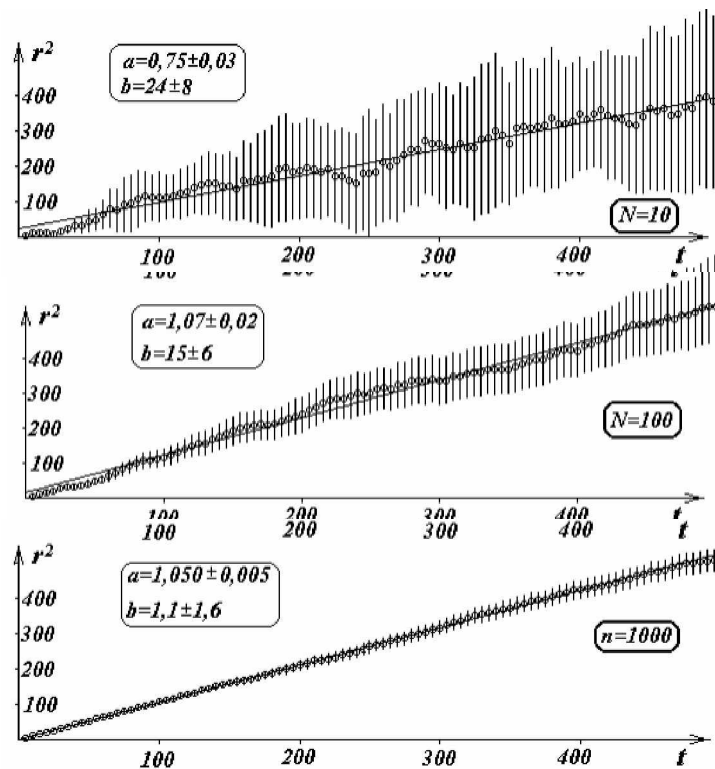


Рисунок 5 – Результаты для различного числа реализаций

3) после завершения всех N_{\max} реализаций пересчитать значения дисперсий на дисперсию среднего значения (напомним, что дисперсия среднего значения в $\sqrt{N_{\max}}$ раз меньше дисперсии отдельных значений):

$$Sm_k := \frac{Sm_k}{\sqrt{N_{\max}}}$$

и построить график зависимости Rm_k от t_k . На этом графике разумно отразить полученную погрешность полученного значения среднего квадрата, которую можно положить равной удвоенному корню из соответствующей дисперсии. Полученные результаты для различного числа реализаций показаны на рис. 5.

Как показывают результаты моделирования, зависимость среднего квадрата смещения от времени является линейной, поэтому полученную зависимость можно обработать методом наименьших квадратов и найти коэффициенты зависимости

$$\langle r^2 \rangle = at + b.$$

На рис. 5 приведены значения рассчитанных коэффициентов. Можно наблюдать типичную картину: с увеличением числа реализаций полученная модельная зависимость становится все более строгой, приближаясь к функциональной при $N_{\max} \rightarrow \infty$. Таким образом, получаем средний квадрат смещения частицы, при случайных блужданиях, пропорциональный времени.

Можно показать, что этот вывод справедлив и в других моделях, в частности, если смещение частицы на каждом шаге также является случайной величиной. Важно, только чтобы средние значения проекций смещения на оси координат были равны нулю.

Не будем кривить душой, мы заранее знали, что полученная зависимость будет линейной, что можно доказать и теоретически. Действительно, смещение частицы \vec{r} за t шагов можно представить в виде суммы

$$\vec{r} = \sum_{k=1}^t \Delta \vec{r}_k,$$

где $\Delta \vec{r}_k$ – вектор смещения частицы на k -том шаге. Возведем эту величину в квадрат и усредним

$$\begin{aligned} \langle r^2 \rangle &= \left\langle \left(\sum_{k=1}^t \Delta \vec{r}_k \right)^2 \right\rangle = \left\langle \sum_{k=1}^t (\Delta \vec{r}_k)^2 \right\rangle + \left\langle \sum_{k=1}^t \sum_{i \neq k} (\Delta \vec{r}_k) \cdot (\Delta \vec{r}_i) \right\rangle = \\ &= \sum_{k=1}^t \langle (\Delta \vec{r}_k)^2 \rangle + \sum_{k=1}^t \sum_{i \neq k} \langle (\Delta \vec{r}_k) \cdot (\Delta \vec{r}_i) \rangle = t, \end{aligned}$$

где учтено, что на каждом шаге $(\Delta \vec{r})^2 = 1$, а среднее значение произведения векторов смещения на разных шагах $\langle (\Delta \vec{r}_k) \cdot (\Delta \vec{r}_i) \rangle = 0$, так направления смещений независимы и равновероятны во все стороны. Обратите внимание, что большая часть слагаемых в сумме обращается в нуль, при прямолинейном равномерном движении вторая двойная сумма значительно превосходит первую – в итоге квадрат смещения пропорционален квадрату времени. Проведенный компьютерный эксперимент полностью подтверждает результат теоретического усреднения. Незначительные отклонения найденных коэффициентов линейной зависимости от теоретических ($a = 1$, $b = 0$) объясняются малостью использованного числа реализаций, по которым проведено усреднение.

В заключение данного раздела отметим, что полученные результаты можно интерпретировать как распределение в пространстве числа диффундирующих частиц из одной точки. Действительно, при описании диффузии можно пренебречь взаимодействием (например, столкновениями) частиц. Поэтому нет никакой разницы – моделировать совместное, одновременное движение всех частиц, или движение каждой частицы по отдельности (что мы фактически проделали). С этой точки зрения необходимо подчеркнуть, что гистограмма распределения расстояний до начала отсчета не совпадает с распределением концентраций частиц. Для получения распределения концентраций необходимо число частиц, попавших в область расстояний от r до $r + \Delta r$ необходимо число частиц разделить на площадь этой области $2\pi r \Delta r$. В этом случае мы получим монотонно убывающую функцию, как и должно быть с точки зрения здравого смысла – диффузия не может привести к образованию кольца повышенной концентрации диффундирующих частиц.

Список литературы

1. Приезжев, В. Б. Аналитический метод в теории случайных блужданий без самопересечения / В. Б. Приезжаев. – Дубна, 1976.
2. Приезжев, В. Б. К проблеме случайного блуждания без самопересечений / В.Б. Приезжаев. – Дубна, 1976.
3. Гагунашвили, Н. Д. Метод моментов в теории случайных блужданий без самопересечения / Н. Д. Гагунашвили, В. Б. Приезжев. – Дубна, 1978.
4. Приезжев, В. Б. К проблеме случайного блуждания без самопересечений / В. Б. Приезжев // Международный симпозиум по избранным проблемам статистической механики. – Дубна, 1977. – С. 50.
5. Хуанг, К. Статистическая механика / К. Хуанг. – М.: 1968.
6. Алхимов, В. И. Случайные блуждания без самопересечений / В. И. Алхимов. – М.: Теор. и мат. физ., 1976. – Т. 29. – 424 с.

Brownian motion – in science, random motion of microscopic visible suspended in the liquid (or gas) particles (Brownian particle) solids (dust grains, grains of particulate matter, particles of pollen, etc.) caused by the thermal motion of the fluid (or gas). We should not confuse the term «Brownian motion» and «thermal motion»: the Brownian motion is a consequence and evidence of the existence of thermal motion.

Научный руководитель – **А. В. Никитин**, зав. кафедрой теоретической физики, кандидат технических наук, доцент.

УДК 678.01:620.3

М. Г. ДЕБЁЛО

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ГАБИТУСОВ НАНОКРИСТАЛЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ГРУПП

На основе общих правильных полиэдрических форм кристаллов построены габитусы нанокристаллов различных форм. Показано, что в зависимости от атомного взаимодействия от концентрации молекул габитус наночастиц может иметь форму сферы, эллипсоида вращения, трехосного эллипсоида, чешуйки или вискера.

Точечная симметрия характеризует объекты, которые при перемещении в пространстве при сохранении неподвижной хотя бы одной точки совпадают сами с собой. Если эту неподвижную точку совместить с началом координат декартовой системы, которая в данном случае называется кристаллофизической (КФ), и у которой координатные оси имеют направление (xyz) то после выполнения точечного движения эти оси, закрепленные с объектом, займут положение $(x'y'z')$. Это точечное движение описывается матрицей $|C|$ вида (1) [1]:

$$|C| = \begin{vmatrix} \cos x'x & \cos y'x & \cos z'x \\ \cos x'y & \cos y'y & \cos z'y \\ \cos x'z & \cos y'z & \cos z'z \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где x, y, z – исходное положение, а x', y', z' – положение после выполнения точечного движения положения координатных осей.

Ячейка кристалла, построенная на трех некопланарных трансляциях, в общем случае косоугольная и описывается шестью параметрами $abc \alpha\beta\gamma$ (рис. 1).

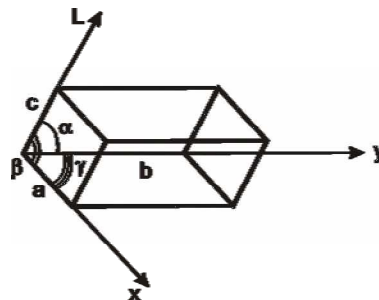


Рисунок 1 – Ячейка кристалла и ее линейные (a, b, c) и угловые (α, β, γ) параметры

ристаллофизике наряду с КФ координатной системой, используют, так называемую, кристаллографическую (КГ) систему, у которой оси направлены вдоль ребер ячейки, а за единицу измерения приняты линейные параметры a, b, c вдоль КГ координатных осей x, y, z соответственно.

Для переходов между координатами точки в КГ- и КФ-системах используют условия:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{КФ} = |M| \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{КГ}, \quad \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{КГ} = M^{-1} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{КФ}, \quad (2)$$

где, M, M^{-1} – прямой и обратный метрические тензоры, имеющие вид [2]:

$$(M) = \begin{pmatrix} a & b \cos \gamma & c \cos \beta \\ 0 & b \sin \gamma & \frac{c}{\sin \gamma} (\cos \alpha - \cos \beta \cos \gamma) \\ 0 & 0 & \frac{c \cdot r}{\sin \gamma} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$M^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{a} & -\frac{\text{ctg} \gamma}{a} & \frac{\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta}{a r \sin \gamma} \\ 0 & \frac{1}{b \sin \gamma} & \frac{\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha}{b r \sin \gamma} \\ 0 & 0 & \frac{\sin \gamma}{c r} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a^* r^* & a^* (\cos \beta^* - \cos \gamma^* \cos \alpha^*) & a^* \cos \beta^* \\ \frac{1}{\sin \alpha^*} & \frac{1}{\sin \alpha^*} & b^* \cos \alpha^* \\ 0 & b^* \sin \alpha^* & c^* \end{pmatrix} \quad (4)$$

где $r = (1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma)^{1/2}$,

$$r^* = (1 - \cos^2 \alpha^* - \cos^2 \beta^* - \cos^2 \gamma^* + 2 \cos \alpha^* \cos \beta^* \cos \gamma^*)^{1/2},$$

где $a^*, b^*, c^*, \alpha^*, \beta^*, \gamma^*$ – линейные и угловые параметры ячейки обратной решетки [3].

Одно из многочисленных определений кристалла гласит: «Кристаллы – это вещества, которые в качестве естественных форм характеризуется полиэдрами с плоскими гранями и ребрами в виде прямолинейных отрезков». Еще О. Бравэ в первой половине 19 века было установлено, что естественными гранями кристаллов являются плоскости с наибольшей плотностью атомов. Кристаллические полиэдры симметричны и их симметрия определяется точечной симметрией кристалла.

При уменьшении размеров частиц, полученных диспергированием крупных кристаллических полуфабрикатов при размерах частиц в интервале $10^{-6} \div 10^{-8}$ м (6 – 8 классы крупности) частицы имеют формы полиэдров. Эти полиэдры габитусов наночастиц представляют сочетание правильных форм кристаллов. При переходе к классу крупности 9 габитусов соответствуют предельной точечной группе, соответствующей точечной группе симметрии кристалла. Следовательно, установлено, что существует несколько таких габитусов нанокристаллов, которые определяются не точечной группой симметрии кристалла, а его сингонией. Таблица габитусов нанокристаллов имеет вид:

Таблица 1 – Габитусы нанокристаллов

Сингонии	С	Э	3-Э	Ч	В
Высшая	+				
Средние	+	+		+	+
Низшие	+	+	+	+	+

В таблице приведены обозначения: С – сферолиты, Э – эллипсоиды вращения, 3-Э – трехосные эллипсоиды, Ч – чешуйки, В – вискеры.

Для очень маленьких частиц, размеры которых лежат в нанодиапазоне необходимо учитывать влияние поверхностного натяжения, которое сглаживает грани и ребра приближая форму к сфероиду (кубическая), эллипсоиду вращения (гексагональная, тетрагональная, тригональная), и трехосному эллипсоиду (ромбическая, триклинная, моноклинная). При наличии спайности частицы могут иметь форму пластинок (чешуек) (точечной группы средних и низких сингоний), для сильно анизотропных кристаллов наночастицы могут иметь форму вискероидов.

Грани кристалла всегда совпадают с определенными кристаллографическими плоскостями (h k l). Индексы hkl всегда целые числа и определяют однозначно ориентацию плоскости в базисе Бравэ кристалла, так как отсекают от осей кристаллографической системы координат отрезки, равные a/h, b/k, c/l, соответственно от осей x, y, z.

Если все грани кристалла связаны между собой точечной симметрией данного кристалла, то полученный многогранник является правильной формой этого кристалла. Если hkl принимают произвольные значения, то форма кристалла называется общей. Число граней общей правильной формы равно порядку группы. Грани общей правильной формы имеют индексы (hkl) $(h_i)_i$ и определяются для всех сингоний, кроме гексагональной и тригональной в H-установке по формуле

$$(h_i)_i = g(h_i)_i \cdot (5)$$

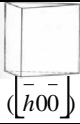
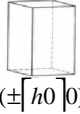
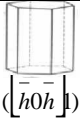
Для гексагональных кристаллов расчет индексов граней правильных форм осуществляется по формуле [1]:

$$(h_i)_i = M^{-1}gM(h_i)_i. (6)$$

В формулах (5, 6) $(h_i)_i$ – индексы грани, принятой за начальную. Индексы граней общих правильных форм и названия соответствующих полиэдров приведены в табл. 2. Для записи $(h_i)_i$ приняты следующие сокращения.

На форму крупных кристаллов существенное влияние оказывает не только их точечная симметрия, но и различные дефекты: дислокации, включения, трещины, каверны и т.п. Чем меньше кристалл, тем большую роль играет их точечная симметрия. При этом следует учитывать, что габитус микрокристалла объясняется сочетаниями общих и частных простых форм. Например, для группы $m\bar{3}, 432, m\bar{3}m$ возможно сочетание граней октаэдра и граней куба. Кристалл будет иметь форму кубоктаэдра, которая не является простой, ибо ее грани образуют два семейства симметрично связанных друг с другом плоскостей. Грани кубоктаэдра имеют индексы $\begin{pmatrix} s \\ kkk \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} s \\ h00 \end{pmatrix}$, где k и h принимают произвольные значения, но так, чтобы грани октаэдра и куба пересекались.

Таблица 2 – Частные правильные формы кристаллов при исходной грани (грань (h00))

№ формы	Группа	Число граней	Многогранник	Индексы граней
См № 1	1, m	1	моноэдр	(h00)
См № 2	2, $\bar{1}, 2/m, mm2, 222, mmm$	2	пинакоид	$\pm (\pm h00)$
33	3	3	тригональная призма	 ($\bar{h}00$)
34	4, $4/m, 4mm, 422, 4/mmm, \bar{4}, \bar{4} 2m$	4	тетрагональная призма	 ($\pm \bar{h}0 0$)
5	6, $\bar{3}, 6m, 3m, 6mm, 32, 622, \bar{3} m, 6/mmm, \bar{6}, \bar{6} m2$	6	гексагональная призма	 ($\bar{h}0h$)

При диспергировании кристалла, пока поверхностные силы не играют существенную роль в формировании габитуса частицы, эти частицы имеют форму полиэдров. Кристалл при его механическом дроблении ограничивается плоскостями с наибольшей ретикулярной плотностью, то есть с наибольшим числом атомов на единицу поверхности.

Взаимосвязи между простыми формами и возможными сочетаниями в кристаллах легко просматриваются из приведенных таблиц кристаллографических индексов их граней. Как простые формы, так и их сочетания описывают габитус микрочастицы, до тех пор, пока поверхностные силы не имеют решающего влияния на взаимоконфигурацию атомов. Когда поверхностные силы велики, то в кристаллических многогранниках в соответствии с принципом наименьшей энергии для равновесных состояний форма микрочастицы преобразуется в сферы, эллипсоиды вращения или трехосные эллипсоиды. То есть точечные группы кристаллов с большой степенью вероятности позволяют предсказать форму наночастиц, полученных на их основе. Другими словами точечные группы габитуса нанокристаллов являются предельными переходами точечных групп кристаллов, из которых путем их диспергирования получены нанокристаллы. Для нанокристаллов на основе кристаллов кубической сингонии наиболее вероятной формой является сфера. Для средних сингоний – эллипсоид вращения, отношения длин осей в котором определяется взаимодействием между атомами. Для кристаллов со спайностью размер кристаллита может быть много меньше вдоль оси вращения эллипсоида, чем размер в перпендикулярном направлении, то есть частица будет чешуйчатой. В противном случае частица имеет игольчатую (вискерную) форму.

У наночастиц, полученных диспергированием кристаллов низших сингоний, их наиболее вероятной формой является трехосный эллипсоид с различными отношениями его осей. В предельных случаях этот эллипсоид может быть настолько сжатым, что частица приобретает форму чешуйки, либо настолько вытянутым, что можно говорить об игольчатой (вискерной) форме.

Возможна ситуация, когда, например, чешуйка может иметь толщину несколько нанометров, а ее поперечный размер – несколько микро- или милли- и даже сантиметров. В этом случае следует говорить об одномерном нанобъекте. Игольчатый (вискерный) габитус наночастиц приводит к двумерной наночастице. Сферолитные наночастицы – это трехмерные нанобъекты.

Выполненный анализ индексов граней правильных (общих и частных) форм кристаллов позволяет не только найти формы полиэдров кристаллов, полученных при диспергировании макрокристаллических образцов, но и найти форму нанокристаллов, полученных на их основе.

Наночастицы можно получать не только диспергированием достаточно крупных объектов, но и при выращивании их из газовой или жидкой сред. В этом случае габитус наночастиц может отличаться от габитуса наночастицы, полученной диспергированием, но этот вопрос требует дополнительного изучения.

Список литературы

1. Ахмадиева, Л. В. Симметрия и габитус наночастиц, полученных диспергированием полуфабрикатов / Л. В. Ахмадиева [и др.] // Горная механика. – 2009. – № 4. – С. 35 – 47.
2. Лиопо, В. А. Матричная кристаллография: учеб. пособие / В. А. Лиопо. – Гродно: ГрГУ, 1998. – 78 с.
3. Рыскулов, А. А. Металлополимерные нанокомпозиты: особенности структуры, технология, применение: монография / А. А. Рыскулов [и др.]; под науч. ред. В. А. Струка, В. А. Лиопо. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 336 с.

The general form of regular polyhedral crystal habit built of nanocrystals of different shapes. It is shown that, depending on the atomic interactions on the concentration of molecules, nanoparticles may have a habit of the shape of a sphere, ellipsoid of revolution, a triaxial ellipsoid, scales or whisker.

Научный руководитель – **В.А. Лиопо**, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 620.3

Т. В. Ёрш

ФУНКЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТ РАЗМЕРОВ НАНОЧАСТИЦ

Предложена единая функция $S(r)$, описывающая зависимости параметров физических свойств веществ от размеров частиц в нанодиапазоне. Рассмотрен метод приведения этой функции к линейному виду. По экспериментальным данным определены требуемые параметры.

Нанообъекты включают в себя различные вещества с размерами в наномасштабном диапазоне. Среди этих объектов особое место занимают наночастицы, которые обладают двумя важнейшими свойствами:

- во-первых, наночастицы обладают границей, то есть они могут быть выделены из смеси с другими веществами.
- во-вторых, у наночастиц параметры физических свойств зависят от размера для макроскопических объектов.

На физические свойства веществ оказывают влияние большое число самых различных факторов, которые можно разделить на три группы.

Первая группа факторов обусловлена кристалло-химическим строением вещества, т.е. определенным составом и структурой.

Вторая группа факторов носит обобщенное название – дефекты, которые рассматриваются как нарушения идеальной структурной модели.

Третья группа факторов включает факторы внешнего воздействия.

Обнаружен еще один фактор, влияющий на свойства твердого тела – размерный фактор.

При переходе к наночастицам свойства вещества могут изменяться настолько существенно, что следует говорить о наносостоянии, как о новой форме вещества. Следовательно, существует такой размер L_0 , который является границей между наносостоянием и микросостоянием.

Сложившаяся в настоящее время практика оценки геометрической величины наночастицы ста нанометрами ($L_0 = 100$ нм), совершенно не приемлема с научной точки зрения по ряду причин.

Типичная обобщенная зависимость физической величины от размеров частиц приведена на рис. 1.

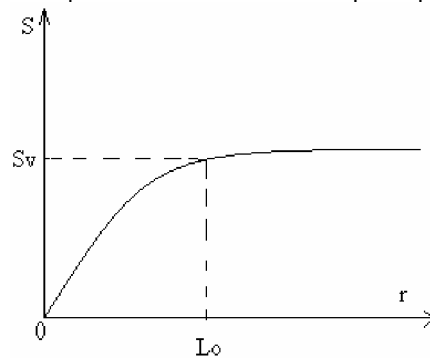


Рисунок 1 – Типичная кривая зависимости параметра (S) физического свойства от размера частиц, S_v – объемное значение параметра, L_0 – максимальный наноразмер

Кривая, приведенная на рисунке 1, может быть описана функцией:

$$S(r) = \frac{S_v}{\left[\exp\alpha \left[\left(\frac{L_0}{r} \right)^n - 1 \right] \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad (1)$$

где α , n – постоянные положительные величины, характерные для данного вещества и данной физической величины.

Значение физической величины является постоянным и соответствует объемному свойству вещества. Следует иметь в виду, что L_0 не является резкой границей между нано- и объемными состояниями.

Теоретической основой расчета геометрического размера наночастицы нами была взята квантовая теория, а в качестве основного параметра для расчета критерия наноразмерности использована дебаевская температура, которая табулирована, для многих веществ.

Предельное значение размера наночастицы равно

$$L_0 = \sqrt{\frac{1,5}{km}} \cdot h (\theta_D)^{-\frac{1}{2}} = 230 (\theta_D)^{\frac{1}{2}} [\text{нм}], \quad (2)$$

где h , k , m – физические постоянные Планка, Больцмана и масса электрона соответственно; θ_D – температура Дебая. Температура Дебая – это довольно условная характеристика вещества, так как ее определение основано на ряде приближений.

Впервые, как сказано в работе Ч. Киттеля [4], на связь свойств вещества с размером его частиц обратили внимание М. Борн и Т. Карман еще в начале прошлого века, но только в последние десятилетия эта гипотеза получила экспериментальные подтверждения.

В результате исследований упругих свойств образцов железа установлено [5], что модуль упругости наноструктурированного материала, по сути, тот же, что и у объемного с микронными размерами зерен, однако только до тех пор, пока размеры частиц не становятся очень малыми, скажем менее 5 нм. На рис. 2 показана кривая зависимости модуля Юнга E от размера нанозерна для образца железа с наноразмерными зернами, нормированного на значение E_0 для железа с обычными зернами.

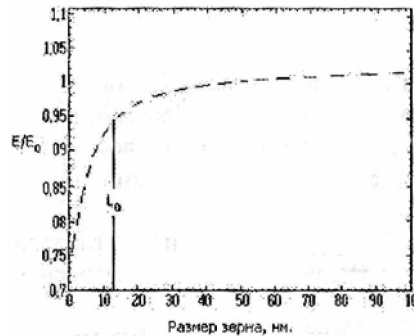


Рисунок 2 – Зависимость отношения модуля Юнга нанозернистого железа (E) к модулю Юнга железа с обычным размером зерен (E_0) от размера зерна [5]. L_0 – расчетное значение

В рамановском спектре объемного кристаллического германия имеется узкая линия поглощения (шириной около 3 см^{-1} , связанная с оптической фононной ветвью Γ_{25}^+ . Если германий осажден на пленку SiO_2 , то за исключением плавного спада в области около 270 см^{-1} на рамановском спектре особенностей не наблюдается, как можно видеть на нижней кривой рис. 3. После отжига этот спад исчезает, а на частоте 300 см^{-1} появляется пик от кристаллического оксида кремния. Ширина рамановского пика уменьшается при увеличении температуры и времени отжига.

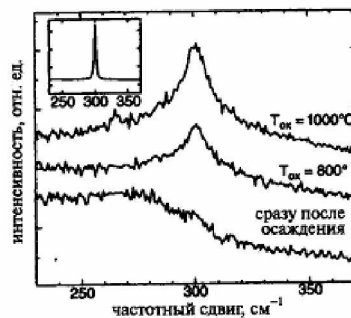


Рисунок 3 – Рамановские спектры германиевой пленки на поверхности подложки и SiO_2 сразу после осаждения и после окисления кислородом при 800 и $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ [7]

В работе [4] приведены результаты измерения многослойных Fe–Cr пленок, причем хромовые пленки имели сравнительно большие толщины ($L_0 > 100 \text{ нм}$), а пленки Fe представляли собой одномерные наносистемы. Для таких «сэндвичей» исследовали влияние постоянного магнитного поля на сопротивление многослойной системы «железо-хром». Величина изменения сопротивления зависит от толщины слоев железа и достигает максимума при толщине 7 нм , как показано на рис. 4, из которого видно, что даже для сложных систем как сэндвичи наблюдается корреляция между экспериментом и расчетным значением L_0 , полученным по предложенной формуле.

В течении последних двадцати лет термин нанофаза, наночастица, наносостояние и т.д. стал применяться к самым различным объектам, размеры которых могут достигать микронов.

Под нанофазой понимается вещество, для которого выполняются два требования.

Во-первых, нанофазное вещество должно обладать поверхностью, то есть иметь границу раздела с другими веществами (частицами, аморфными объектами и т.п.). Нанофаза может быть выделена из смесей фаз механическими методами.

Во-вторых, нанофаза характеризует однородные по составу частицы, для которых физико-химические свойства зависят от размера объекта. Такая зависимость лежит в области нанодиапазона и имеет значения, ха-

ракетные для каждого вещества. Например, для алмаза $L_0 = 8$ нм, тогда как для металлов она имеет значение в интервале 15÷30 нм [1]

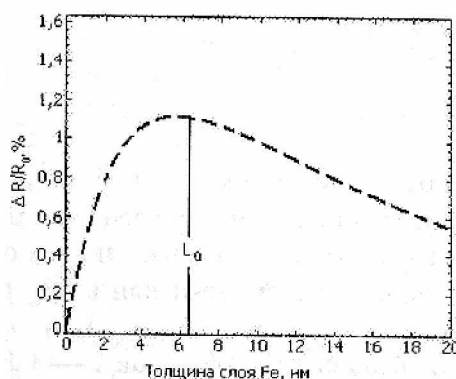


Рисунок 4 – Зависимость изменения магнитосопротивления ΔR от толщины магнитного слоя железа в многослойной структуре Fe–Cr в постоянном магнитном поле. L_0 – расчетное значение размерной границы между объемными и наносвойствами [6]

Следует подчеркнуть, что в имеющейся доступной нам научной литературе не встречалось ни одного случая, когда бы размерные эффекты начали проявляться при размерах наночастиц $r \approx 100$ нм. Даже при $r \approx 30$ нм во всех случаях параметры характеристик физических свойств частиц были такие же, как у объемной фазы.

Список литературы

1. Авдейчик, С. В. Введение в физику нанокomпозиционных машиностроительных материалов: монография / С. В. Авдейчик [и др.]; под науч. ред. В. А. Лиопо, В. А. Струка. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 439 с.
2. Рыскулов, А. А. Металлополимерные нанокomпозиты: особенности структуры, технология, применение: монография / А. А. Рыскулов [и др.]; под науч. ред. В. А. Струка, В. А. Лиопо. – Гродно: ГГАУ, 2010. – 336 с.
3. Лиопо, В. А. Геометрические параметры наночастиц / В. А. Лиопо // Низкоразмерные системы–2. Гродно: ГрГУ 2003. – Вып. 3. – С. 4 – 11.
4. Китиль, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Китиль. – М.: Изд. физ.-мат. лит. 1967. – 696 с.
5. Ajayan, P.M., Schadler, L.S., Braun, A.V. Nanocomposite science and technology / P. M. Ajayan, L. S. Schadler, A. V. Braun // Willey – VCY. GmbH I Co KgaA, 2004. – 230 p.
6. Каганов, М. И. Введение в квантовую теорию твердого тела / М. И. Каганов, В. В. Ржевский. – М.: МГУ, 1967. – 143 с.
7. Poole, Ch. P., Owens, F. J. Introduction to nanotechnology / Ch. P. Poole, F. J. Owens // Willey – interscience, 2003. – 320 p. (Пул, Ч., Оуэнс, Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2005. – 334 с.).

We propose a unified function describing the dependence of the parameters of the physical properties of substances on the size of the particles in the nanoscale. The method of bringing this function to a linear form. According to experimental data, the required parameters.

Научный руководитель – В. А. Лиопо, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 584.1

Д. В. КАПТЮХ

ОПИСАНИЕ СИММЕТРИИ ДОДЕКАЭДРА В 3- И 6-МЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Рассматривается точечная симметрия додекаэдра как простой формы квазикристаллов. Эти вещества описываются некристаллографической точечной симметрией, так как имеют поворотные оси не только 2 и 3, но и оси 5. Построены матрицы-генераторы точечной группы симметрии додекаэдра (532), в 3- и 6-мерных пространствах. Шпуры матриц-генераторов равны 0, $1+\tau$ и $0, \pm 1$ соответственно, где τ – золотое сечение.

В 1984 г. было выполнено исследование резко охлажденной расплавленной смеси Al и Mn. Капля этого расплава вбрасывалась в жидкий азот. На основе этого эксперимента был обнаружен новый тип веществ названных квазикристаллами. квазикристаллы [1], являются молекулярными системами с некристаллографической симметрией, так как они обладают свойствами решеточных объектов и, в тоже время, у них есть пентагональная ось вращения. Это видно на картине электронной дифракции, приведенной на рисунке 1.

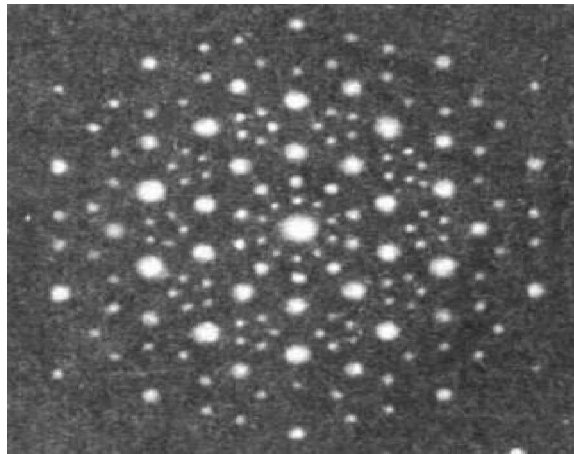


Рисунок 1 – Электронограмма, на которой пятна расположены по вершинам правильных пентагонов (центральное пятно – след от прошедшего через образец первичного пучка)

Для некоторых направлений первичного луча достаточно резкие дифракционные максимумы располагаются в соответствии с пентагональной симметрией, т.е. квазикристаллы обладают и дальним порядком, и осью 5. Структура квазикристаллов, по мнению многих исследователей, описывается трехмерной сеткой Пенроуза, которая характеризуется дальним псевдопорядком и локальной двухмерной пентагональной и трехмерной додекаэдрической или икосаэдрической симметрией.

Основная часть. Каждое кристаллическое вещество описывается соответствующей точечной группой симметрии. Если в качестве начальной грани кристалла будет выбрана кристаллографическая плоскость с индексами (h, k, l) , то после действия на эту грань всеми операциями точечной симметрии будет получен открытый или закрытый полиэдр, называемый правильной формой. Если индексы (h, k, l) произвольны, то правильные формы называются общей. Если какие-то индексы исходной грани равны друг другу или имеют нулевые значения, то будут получены частные простые формы кристаллов. Частными простыми формами квазикристаллов являются правильные многогранники с некристаллографическими осями 5, которыми являются додекаэдр (рис. 2) и икосаэдр (рис. 3).

В качестве примера точечных групп кристаллов рассмотрим группу кубического кристалла $m\bar{3}m$ с наивысшей симметрией. Эта группа характеризуется матрицей генератором G , включающий 3 матрицы:

$$G = \left(\begin{array}{ccc|ccc|ccc} 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{array} \right)$$

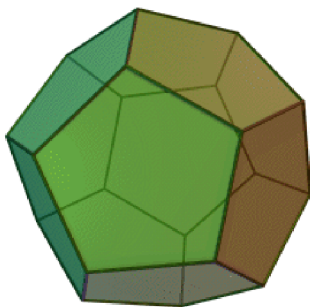


Рисунок 2 – Додекаэдр

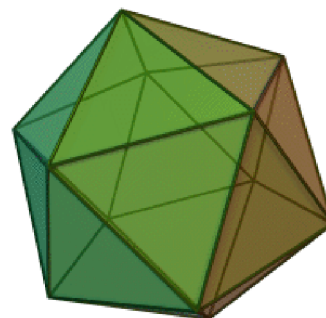


Рисунок 3 – Икосаэдр

Первая матрица описывает поворот вокруг оси 3 проходящей вдоль телесной диагонали кубической ячейки, ребра которой ориентированы вдоль осей кристаллографической системы координат. Вторая матрица определяет поворот вокруг оси 2 совпадающей с осью z . Третья матрица описывает отражение в координатной плоскости xy . Из приведенного примера следует, что все матрицы точечной симметрии кубических кристаллов в качестве элементов имеют либо 0, либо ± 1 . Причем ненулевые элементы в каждой строке и каждом столбце встречаются только один раз. Такими свойствами обладают все точечные группы кристаллов в матричном представлении за исключением точечных групп кристаллов гексагональной и тригональной сингонии у которых на ряду с нецелочисленными элементами имеются иррациональные.

Рассматривая симметрию додекаэдра, ограничимся только его конгруэнтностью, т.е. опишем точечную группу 532 [3]. Порождающие матрицы (матрицы-генераторы) точечной группы 532 включает две операции: поворот вокруг одной из осей 5-го порядка, р-операция и поворот вокруг одной из осей 3-го порядка, t-операция.

Ось 3 совпадает с осью z, ось 5 лежит в плоскости yz

$$t_z = \begin{vmatrix} -\lambda(\lambda+1) & \lambda+0,5 & 0 \\ -\lambda(\lambda+0,5) & -\lambda(\lambda+1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$p_{yz} = \begin{vmatrix} \frac{\tau}{2} & -\frac{(2\lambda+1)(\tau+2)}{6} & \frac{2\lambda+1}{3} \\ \frac{(2\lambda+1)(\tau+2)}{6} & \tau^2+0,5 & \frac{1}{3} \\ -\frac{(2\lambda+1)}{3} & \frac{1}{3} & \frac{2\lambda+1}{3} \end{vmatrix}$$

Ось 3 лежит в плоскости yz, ось 5 совпадает с осью z

$$t_{yz} = \begin{vmatrix} -\frac{1}{2} & \sqrt{\frac{4-\tau^2}{10}} & \sqrt{\frac{\tau^2+1}{5}} \\ \sqrt{\frac{4-\tau^2}{10}} & \frac{4\tau^2-1}{10} & \frac{\tau^2-4}{5} \\ -\sqrt{\frac{4-\tau^2}{10}} & \frac{\tau^2-4}{5} & \frac{2\tau^2+1}{5} \end{vmatrix}$$

$$p_z = \begin{vmatrix} \frac{\tau}{2} & -\sqrt{\frac{3+\tau}{2}} & 0 \\ \sqrt{\frac{3+\tau}{2}} & \frac{\tau}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Здесь τ является положительным корнем уравнения $\frac{1}{x} = \frac{x}{1-x}$ и называется золотым отношением $\tau = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$; λ – положительный корень, равный $\lambda = \frac{\sqrt{3}-1}{2}$.

Грани, ребра, вершины описываются шестеркой целочисленных индексов, т.е. додекаэдр можно рассматривать как проекцию шестимерного куба на трехмерное пространство.

В шестимерном пространстве операция t и p являются кристаллографическими и имеют вид:

$$p = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad t = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Полную запись матричного представления группы 532 в 3-мерном пространстве можно найти в работе [2]. Для получения всей точечной группы икосаэдра необходимо матрицы генераторы группы 532 перемножать до тех пор, пока не будет получено множество матриц удовлетворяющих групповым постулатам, то есть не только наличию бинарной операции (в нашем случае, это матричное перемножение), но и ассоциативности, наличию единичного элемента и обратного элемента.

Рассмотренный метод преставлений некристаллографических симметрий может быть использовано для построения матричных представлений точечных групп других некристаллографических объектов. Например, систем с локальными гептагональными, октогональными и так далее симметриями.

Матричное представление некристаллографических симметрий в многомерных пространствах может быть использовано для описания тензорных физических свойств указанных объектов, что находит отражение в различных научных публикациях. Отметим, что открытие квазикристаллов явилось существенным вкладом в современную физику конденсированного состояния, в теорию симметрий многомерных объектов, в развитие представлений о симметрии и свойств фуллеренов, нанотрубок и других нанобъектов. Доказательством научной и практической значимости открытия квазикристаллов является то что ее автору D. Shechtman в 2011 году была присуждена Нобелевская премия по химии.

Таким образом, можно сделать вывод, что квазикристаллическая структура в 6-ти мерном пространстве характеризуется тем, что их точечная симметрии описывается матрицей, 6×6 у которой ± 1 встречается в каждом столбце и каждой строке только один раз. Для 3-мерного пространства таким свойством обладают матрицы кубических кристаллов. Это означает, что квазикристаллы можно рассматривать как 3-мерное сечение или как 3-мерную проекцию шестимерного гиперкуба.

Список литературы

1. Shechtman, D., Blech, I., Gratias, D., Cohn, J.W. // Phys. Rev. Lett. – 1984. – V. 53. – P. 1951.
2. Лيوпо, В. А. Матричное представление точечной группы симметрии додекаэдра в 3-х и 6-ти мерных пространствах / В. А. Лيوпо // Кристаллогр. 1991. – Т. 36, Вып. 4. – С. 809 – 812.
3. Лيوпо, В. А. Точечные группы и сингонии некристаллографической симметрии / В. А. Лيوпо, А. В. Сабуть // Вестник ГрГУ им. Я. Купалы, Сер. 2. – 2011. – № 3. – С. 129 – 135.

We construct the matrix generators of the point group symmetry of the dodecahedron (532), a 3 and 6 dimensional spaces. Boreholes matrix generators are $0, 1 + \tau$ and $0, \pm 1$, respectively. Where τ is the golden ratio.

Научный руководитель – **В. А. Лيوпо**, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 537.226

И. Н. КОРЫТКИН

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАРЯДОВОЙ МОЗАИКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ

Установлено, что для для поверхностей поликристаллов Al и Fe при электронейтральности этих поверхностей, возможно существование электростатической мозаики. На величину поверхностного заряда влияет симметрия поверхности Ферми.

Еще в середине прошлого века профессором Г.И. Дистлером было установлено, что на очищенных от внешних пленок поверхностей полликристаллов обнаружена электростатическая мозаика, которая может быть выявлена методом декорирования. Этот метод заключается в том, что на очищенную поверхность наносится тонкий слой порошка из частиц, имеющих заряды. А затем этот слой удаляется механически. Обычно для этих целей используется порошок антрахинона. Аналогичная зарядовая мозаика была обнаружена многими исследователями на поверхности диэлектриков. Появление электрически заряженных областей на ювенильных поверхностях диэлектриков (электростатическая мозаика) объясняется различиями структурной дефектности кристалла по обе стороны от плоскости раскола [1]. В этом случае область раскола в начальный момент рассматривается как потенциальный барьер, по обе стороны от которого находятся прилегающие к нему различные по высоте энергетические уровни (рис. 1).

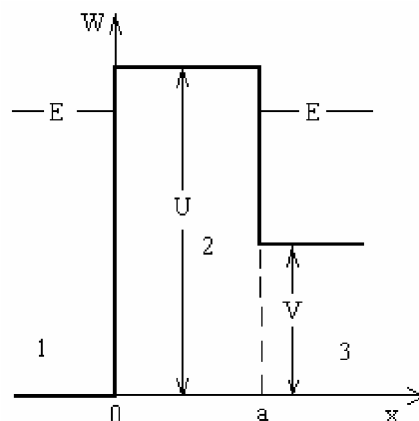


Рисунок 1 – Потенциальный барьер на границе раскола

На одной из вновь образованной поверхности возникнет избыточный заряд определенного знака, а на другой ячейка мозаики будет иметь противоположный знак. Таким образом, различные степени дефектности по обе стороны от ювенильной поверхности диэлектриков и приводят к появлению на ней электрически заряженных областей с размерами много больших атомов.

Для объяснения наличия электростатической мозаики на очищенных от загрязнений поверхностях подложек из поликристаллических металлов может быть применено «барьерное приближение», которое относится и к диэлектрикам. Особенно ярко это явление проявляется на поверхности слоистых силикатов.. Позднее исследования показали, что поверхностные заряды на металлах могут помочь в объяснении некоторых, например, адгезионных и трибологических, процессов, т.е. процессов связанных с трением, а так же с различного рода трещинами. Причина появления электростатической мозаики на поверхности поликристаллических металлов требует дополнительного анализа. Для исследования этого эффекта необходимо учесть влияние поверхности кристалла на функцию электрона, а так же вариации анизотропии работы выхода для граней с различными (hkl).

В качестве примера на рис. 2 приведены характерные изменения значения потенциала вблизи границы кристалла, взятые из работы [1]. Приведенные кривые отражают изменение потенциала только в приповерхностном слое, хотя экспериментальные исследования показывают, что поверхность, как двумерный дефект, может оказывать влияние на глубину до 5 атомных слоев.

Можем показать, что закон затухания поверхностного потенциала примет вид (1).

$$U(x) = U \exp(-\lambda \cdot x), \tag{1}$$

где λ – коэффициент затухания поверхностного потенциала.

Температура поверхности и среда, прилегающая к кристаллу, влияют на величину λ , что и объясняет термоэлектрический эффект. Изменение λ может быть и при нанесении на поверхность различных пленок, адсорбированных слоев, покрытий и т.п. Это утверждение требует дополнительных экспериментальных исследований. Однако с большой степенью достоверности можно полагать, что характер изменения потенциала во внутреннем приповерхностном слое кристалла может иметь различные формы и не исчерпывается примерами (рисунк 1), но в то же время он будет слабо влиять на величину λ .

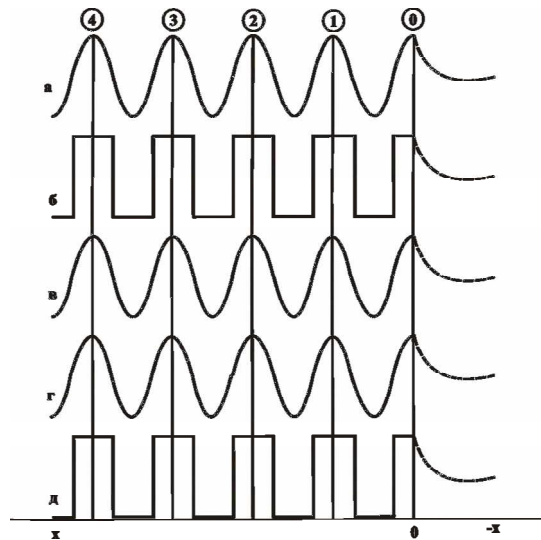


Рисунок 2 – Примеры приповерхностных потенциалов U(x). Пунктир – изменение потенциала во внешней, прилегающей к кристаллу области; а, б – уменьшение перед поверхностным барьером; в – неизменный потенциал вплоть до поверхности; г, д – увеличение потенциала перед поверхностным потенциальным барьером. Поверхность кристалла – при x = 0

Распределение зарядов на поверхности кристалла зависит от множества факторов: морфологии поверхности, блочности кристалла, наличия в нем дефектов различных типов, а также от того, какой кристаллографической плоскости соответствует поверхность кристалла.

В поликристалле (как и в блочном кристалле) поверхности контакта с разностями потенциалов влияют на внутренние, то есть объемные области. В целом электрический заряд образца остается равным нулю.

Рассмотрим изменение уровней Ферми в контактах металлических поверхностей. Электроны могут выйти из кристалла и перейти из внутренних областей в приповерхностные слои только за счет затрат энергии (рассматривается одномерный случай)

$$W_s = \int E(x) \epsilon dx. \tag{2}$$

Следовательно, потенциал поверхностного слоя, W определяющий работу выхода электрона, определяется не только энергией Ферми, но и условием:

$$W = W_s - E_F. \tag{3}$$

Заряд «электронной шубы» с внешней стороны поверхности, приповерхностные заряды и заряды внутренних областей должны в алгебраической сумме равняться нулю. Поверхностные же плотности заряда могут быть различными для отдельной частицы в зависимости от кристаллографических индексов плоскостей соответствующих граням, и только в идеальном случае для граней правильной формы поверхностные потенциалы будут одинаковыми.

Если грани кристалла кристаллографически не эквивалентны, то есть, не связаны точечной группой симметрии, то на каждой грани помимо двойного слоя – внешний от поверхности отрицательный и приповерхностный в кристалле положительный заряды – появится отличный от нуля макроскопический заряд, что далее приведет к перемещению электронов из области с более высоким уровнем Ферми в область с более низким.

Этот процесс продолжится вплоть до выравнивания этих уровней. В этом случае область контакта поверхностей будет играть роль структурного дефекта, разделяющего две области в общем случае с различными межатомными расстояниями, или с различными составами (как, например, в сталях) и т.п. Созданная разность потенциалов между гранями обусловлена электрическим зарядом на этих поверхностях. Напряженность этого поля намного меньше напряженности поля двойного зарядового слоя в приповерхностной области. Толщина этого двойного слоя по порядку величины совпадает с межатомным расстоянием. Примыкающие к друг другу грани могут принадлежать как к частицам разных металлов, так и частицам одного металла. Важно, чтобы эти грани отличались в кристаллофизическом смысле, то есть имели бы разную работу выхода. Только в этом случае электроны будут переходить из одной частицы в другую. Если металлы разные, то процесс будет проходить до тех пор, пока в каждом из металлов не будет создан общий электрохимический потенциал. При контакте частиц одного металла, если работы выхода их контактирующих граней различные, то есть для граней, уровни Ферми которых различны, установится равновесная энергетическая граница в зоне проводимости, то есть поверхностный заряд будет «поднимать» и «понижать» глубинные уровни энергии соответственно меняя химический потенциал, который в монокристалле является тензорной величиной. В качестве примера симметрии поверхностей Ферми некоторых металлов на рисунке 2 (а) приведены эти поверхности в пределах первой зоны Бриллюэна для Cu, Ag, Au. Поверхности Ферми железа и алюминия приводятся на рисунке 3 (б, в) соответственно [3].

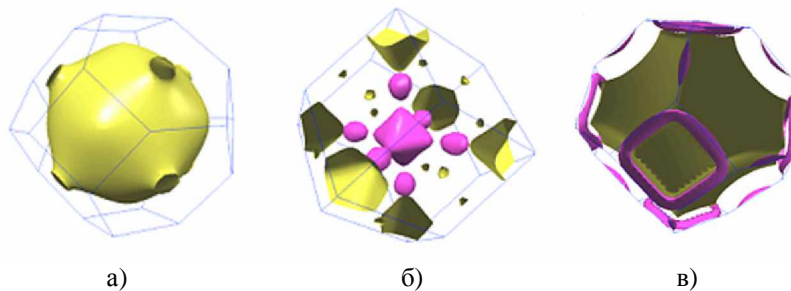


Рисунок 3 – Поверхность Ферми для Cu, Ag, Au (а), железа (б) и алюминия (в)

Из приведенных рисунков следует, что для Cu, Ag, Au у которых поверхности Ферми практически сферические, появление зарядовой мозаики будет наблюдаться только вследствие различий в дефектах контактирующих частиц. У алюминия и железа симметрия поверхности Ферми существенно отличается от сферы. Следовательно, у этих металлов зарядовая мозаика на поверхности (как и в объеме) будет проявляться в поликристаллическом образце. Если металл относится не к кубической, а к средним или низшим сингониям, то перераспределение зарядов между контактирующими частицами поликристалла будет наблюдаться всегда, так как кристаллофизические различия граней частиц этих металлов обусловлены самой их структурой. Величины этих зарядов зависят от электронных состояний металлов и их дефектности.

Из вышесказанного следует, что в образцах поликристаллических нетекстурированных металлов, частицы которых огранены кристаллохимически неэквивалентными плоскостями, то есть плоскостями разных кристаллографических правильных форм и имеющих разные работы выхода электронов, могут возникать электрически заряженные участки. В целом, естественно, кристалл остается электронейтральным. Эта зарядовая мозаика имеет как объемный характер. То есть существует как внутри кристалла, так и на его поверхности. Наличие зарядов на поверхности металла в большей степени будет наблюдаться в тех случаях, где есть участки с разными составами, например, в сталях [4]. Эти заряды, безусловно, будут влиять на трибологические, адгезионные свойства металлических поверхностей, тем более, что в процессах трения устраняются поверхностные пленки различного состава и механизма формирования и роль электростатической мозаики возрастает.

Список литературы

1. Лиопо, В. А. Поверхностные процессы на свежих сколах монокристаллов полупроводников системы TIn (S,Se) / В. А. Лиопо, А. Н. Сенько, А. У. Шелег // Збір. наук. прац. Полт. ДПУ. – Полтава, 2005 – Сер. физ.-мат. наук, Вып. 8 (47). – С. 60 – 66.
2. Дистлер, Г. И. Декорирование поверхности твердых тел / Г. И. Дистлер, В. П. Власов, Ю. М. Герасимов. – М.: Наука, 1976. – 112 с.
3. Крекнел, А. Поверхность Ферми (понятие поверхности Ферми, ее определение и использование в физике металлов) / А. Крекнел, К. Уокг. – М.: Атомиздат, 1978. – 352 с.
4. Зарядовая мозаика на поверхности металлических поликристаллов / В. А. Лиопо [и др.]. – Вести национальной академии наук Белоруссии. – 2009. – № 4. – С.10.

It has been established that the existence of electrostatic mosaic is possible for the surfaces of polycrystals Al and Fe in case of their electrically neutral surfaces. The amount of surface charge is influenced by symmetry of Fermi surface.

Научный руководитель – В. А. Лиопо, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 37.01653

А. А. ЛЕБЕДЕВИЧ

НАБЛЮДЕНИЕ ГАЛАКТИК И ТУМАННОСТЕЙ, ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ФОТОГРАФИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ SKY CHARTS

Рассмотрена компьютерная программа Sky Charts, используемая на олимпиадах по астрономии. Представлены возможности данной программы, позволяющие проводить виртуальные наблюдения небесных тел и явлений. Описана лабораторная работа «Наблюдение галактик и туманностей, получение и исследование их фотографий с использованием программы Sky Charts». Данная лабораторная работа может выполняться при изучении университетского курса астрономии для специальности «Физика».

Введение. В настоящее время разработано большое количество компьютерных программ, позволяющих виртуально изучать небесные объекты. Они весьма полезны для изучения звездного неба, содержат в себе много полезной и важной информации. Наблюдения с использованием виртуальных планетариев могут проводиться при любой погоде, даже при пасмурной погоде, и даже днем. Виртуальные наблюдения дополняют визуальные, кроме того служат подготовкой к наблюдениям на астрономической площадке.

Наиболее подходящим для наблюдения туманностей и галактик является виртуальный планетарий Sky Charts. Возможности данной программы: показ звезд до 12-й звездной величины, доступ к профессиональным звездным каталогам до 20 звездной величины. Имеется доступ к обновляемым базам данных через Интернет. В программе отображаются координаты небесных тел, как экваториальные, так и горизонтальные, сидерическое время, время восхода, кульминации и захода светил. Программа позволяет определить угловое расстояние между объектами. Кроме того, можно распечатать необходимую информацию.

С помощью программы Sky Charts также можно наблюдать конфигурации планет, Солнце, Луну, спутники планет, астероиды, кометы, покрытия планет Луной, солнечные и лунные затмения. В качестве примера использования данной программы для наблюдений приведем лабораторную работу по изучению галактик и туманностей.

Цель данной работы: освоить принципы наблюдения и изучения галактик и туманностей, определить параметры: положение данных небесных объектов на небесной сфере (в каком созвездии наблюдаются, экваториальные и горизонтальные координаты), видимый диаметр, магнитуда, тип галактики и т.д.

Подготовка к выполнению работы. Подготовка к выполнению данной лабораторной работы имеет две составляющие: теоритическую подготовку (учащиеся должны знать классификацию галактик и туманностей, их характеристики и параметры) и практическую (учащимся необходимо хорошо ориентироваться в программе Sky Charts и знать возможности данной программы).

Для овладения навыками работы с программой необходимо практическое знакомство с ней. Прежде всего, следует ознакомиться с функциями на панели меню и кнопками управления.

На панели меню *Preference* находится *Catalog and Objects Parameters*. В появившемся окне можно выбрать каталог, по которому будут отображаться нужные нам объекты, задать интересующую нас комету, астероид, планету и т.д. и для них установить необходимые параметры.

Кроме того имеется доступ к обновляемым базам данных по астероидам и кометам через Интернет. Этому способствует имеющаяся на панели меню *File – Online Recourses*.

Функция *Date / Time* позволяет установить дату и время наблюдения: использовать текущее время (use system time) либо выбрать другую дату и время.

Функция *Observatory* позволяет выбрать место наблюдения.

Функция *Chart Appearance* позволяет задавать цвет, вид, форму отображаемых небесных объектов.

Функция *Projection* позволяет выбрать ориентацию окна (полярную либо зенитную) и точку отсчета азимута (север либо юг). По умолчанию в программе установлен отсчет азимута от точки севера, т. е. $A_c = 0^{\circ} (0)$, $A_b = 9^{\circ} (180)$.

Функция *Eyepiece* показывает окуляры или CCD камеры поля в центре окна. Его также можно переместить в любое место окна правой кнопки мыши. Также используется для показа позиции телескопа. Выбор «Eyepiece» позволяет выбрать круг соответствующего поля зрения в минутах дуги. Если необходимо знать поле зрения вашего окуляра, то разделите видимый угол зрения на увеличение, т. е. окуляр с фокусным расстоянием 20 мм и видимое поле зрения в 40° применимое для телескопа с фокусным расстоянием 2000 мм:

$$- \text{увеличение } 2000 / 20 = 100;$$

$$- \text{угол зрения } 40^{\circ} / 100 = 4^{\circ};$$

$$- \text{угол зрения } 4^{\circ} \times 60^1 = 24^1,$$

т. е. поле зрения будет составлять 24 угловые минуты.

Функция *Identification* позволяет отображать информацию о выбранном объекте (short – минимум информации (название) либо long – полная информация об объекте) или не показывать ее совсем.

В меню *Lines* можно выбрать линии, которые будут отображаться на нашей небесной сфере, например: линии экваториальной системы координат, горизонтальной системы координат и подпписи к ним, линия горизонта, эклиптика, галактический экватор, Млечный Путь, линии созвездий и их границы.

Функция *Calendar* позволяет получить разнообразную информацию о наблюдаемых объектах. Показывает время наступления сумерек на заданную дату либо на определенный интервал времени. Например, для Солнца, Луны и

планет отображает экваториальные координаты, магнитуду, видимый диаметр, фазу (доля освещенной поверхности), время восхода, кульминации, захода, горизонтальные координаты на заданную дату. Кроме того, данная функция позволяет определять наступление сумерек, их окончание. Здесь также приводится информация о времени наступления солнечных и лунных затмений, их продолжительности, типе (полное, частное). Для солнечных затмений вычисляются географические координаты места на Земле, где будет наблюдаться наибольшая фаза затмения.

Порядок выполнения лабораторной работы. В данной работе учащиеся освоят принципы наблюдения галактик и туманностей, получения их фотографий и их изучения.

Важное условие выполнения работы – наличие подключения к интернету.

Для выполнения работы необходимо:

1. В каталоге выбрать Stars 1. Выбрать TYCHO catalog (или SKY2000, если он не установлен) (убедитесь, что «Field min» = 0 и «Field max» = 30). В разделе туманности (nebulae), выбрать «3' Ref. Cat. Bright Galaxies» catalog.

2. Нажать кнопку «Show Eyepiece».

3. Установить поле зрения $+10^00'$

4. Найти галактику, например, M 51. Для этого используем кнопку *Find*. В появившемся окне выбираем вкладку Туманность (Nebulae). Затем выбираем необходимым каталог (в данном случае – каталог Мессье). После вводим номер галактики.

5. Сохранить изображение (рис. 1).

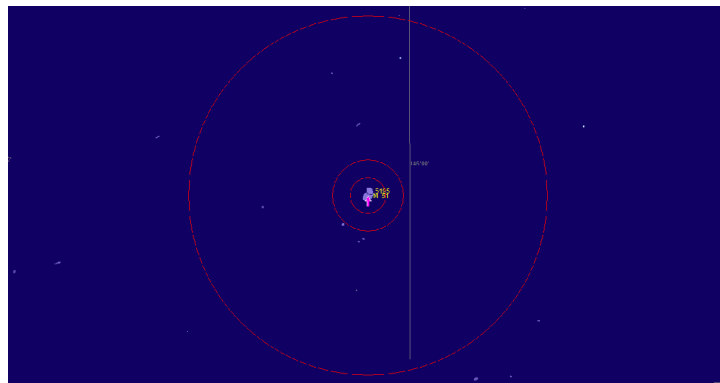


Рисунок 1 – Наблюдение галактики M 51.

6. Чтобы идентифицировать объекты, находящиеся в поле зрения телескопа, увеличим масштаб (например, поле зрения $+1^040'$). Для этого выберем *Object list*. Появится окно, в котором будет отображена вся информация. Теперь можем определить какие еще объекты, кроме M 51, попадают в поле зрения. В этом окне в верхней строке будет отображено место наблюдения и дата наблюдения, далее следуют координаты центральной части выделенной области, а также ширина поля зрения. Ниже приводятся экваториальные координаты (прямое восхождение и склонение), к каким небесным телам относится (галактика, звезда и т. д.), название объекта. Если это звезда, то приводится ее обозначение в созвездии (альфа, бета и т. д.). Также приводится название созвездия, в границах которого находится данный объект. Для звезд указывается их звездная величина, показатель $B - V$, спектральный класс. Для галактик и туманностей указывается их видимые размеры и описание (например, к какому классу галактик относится, или вид туманности (светлая или темная), или тип звездного скопления). В самом низу таблицы приводится количество объектов, попавших в данное поле зрения.

7. Получим изображение галактики с помощью интернета. Установим поле зрения $+0^030'$. Зайдем в онлайн источники (Online resource), выберем «Images», затем «ESO SkyCat DSS» или «Heasarc SkyView». Чтобы можно было использовать изображение галактики позже, изменим имя файла \$temp.fit на M51.fit. И затем нажмем Connect. Когда передача будет завершена, нажмем ОК, и изображение появится на экране (рис.2).



Рисунок 2 – Изображение галактики M 51, полученное с помощью интернета.

8. Полученную фотографию можно видоизменить, например, изменить ее границы, выбрать цветовую гамму (например, в красных лучах, в синих лучах и т. д.), изменить интенсивность, можно увеличить изображение (мышью нарисовать прямоугольник). Можно предварительно просмотреть изображение на весь экран. Кроме того, при необходимости можно сделать данное изображение, например, в виде негатива (изменить «Intensity» в «neg») (рис.3).

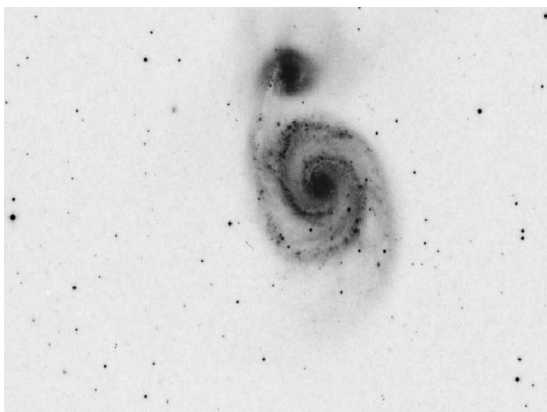


Рис. 3. Изображение галактики М 51, полученное с помощью интернета (негатив).

9. Чтобы вернуться в режим работы программы, необходимо нажать «Suppress Image». Если необходимо просмотреть полученную фотографию еще раз, следует нажать Background Image. В появившемся окне можно выбрать любую ранее полученную фотографию с помощью интернета.

10. Определите необходимые параметры: экваториальные координаты, видимый угловой размер, удаленность от нас и т. д.

Задания для самостоятельного выполнения работы: изучите следующие галактики и туманности: NGC 6543, M 32, M 1, M 95, M 96, M 105, NGC 3344, NGC 3386, NGC 3115, M 97, M 82, M 63, M 94, M 106, M 64, M 85, M 100, M 57, NGC 6826, M 27, M 77, NGC 246, NGC 613, NGC 7793, NGC 1097, NGC 1232, M 78, Barnard 33, NGC 3621, NGC 3109, M 104, NGC 5128, M 90.

Отчет о выполненном задании представить в свободной форме. Он должен содержать изображение галактики либо туманности, видоизмененную фотографию, фотографию, отображающую положение данного объекта на небесной сфере на момент выполнения работы (для этого необходимо либо сохранить, либо распечатать вид окна Horizon Chart). Также должны быть определены заданные преподавателем параметры. Для усложнения задания можно предложить следующее: по фотографии галактики или туманности определить ее угловые размеры, а затем сравнить их с размерами, приведенными программой.

Заключение. Таким образом, использование компьютерной астрономической программы Sky Charts позволяет проводить наблюдения объектов Галактики (туманностей) и далеких галактик, позволяет определять их координаты и условия видимости. На ее основе была разработана лабораторная работа «Наблюдение галактик и туманностей, получение и исследование их фотографий».

Astronomical computer program Sky Charts help to explore galaxies and nebulae and allow monitoring of the galaxies to determine location and conditions of visibility. As a result of exploring astronomical computer program Sky Charts was developed lab «Galaxy observation». Also to use the program can increase the interest in the study of astronomy.

Научный руководитель – К. Ф. Зноско, доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 530.1

В. Ю. РОЖКО, А. Т. ГАНЧИЦ, М. В. ДУЛЬ, А. Т. ПАНАСЮК

ДИНАМИКА И УСТОЙЧИВОСТЬ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫХ КЛАСТЕРОВ

Методами молекулярной динамики моделируется движение частиц (атомов) в Ван-дер-Ваальсовых наноклстерах. Исследуются и анализируются геометрические и динамические характеристики атомов в кластере. Сравнивается динамика внутренних и поверхностных атомов.

Известно, что физические свойства объемных и нанообъектов, атомарный состав которых одинаковый, имеют разные значения [1]. Влияние на физические свойства размерного фактора обусловлено несколькими причинами. Во-первых, в малых частицах, вследствие соизмеримости числа объемных и поверхностных атомов меняются межатомные расстояния, во-вторых, конфигурации атомов в равновесных состояниях в малых частицах при прочих равных условиях отличаются от конфигураций атомов в больших объемах, в-третьих, меняются колебательные спектры атомов. Эти факторы приводят к возникновению фазовых переходов даже в простых

кластерных системах [2]. Кроме того для таких систем требует уточнения понятие температуры [3]. Таким образом, динамические свойства атомов в кластерах полностью определяют характер изменения физических свойств по сравнению с объемными. Изучение динамики атомов в кластере – это задача динамики большого числа частиц и может быть решена только численными методами.

Рассмотрим задачу движения системы атомов, когда потенциал взаимодействия между ними известен. Введем систему единиц в соответствии с определениями массы, длины, энергии, времени, скорости, ускорения и силы.

$$\text{основные: } m_0 = m - \text{масса атома, } l_0 = \sigma, E_0 = \varepsilon,$$

$$\text{производные: } \tau_0 = (m_0 \cdot \sigma^2 / 2\varepsilon)^{0.5}, v_0 = \sigma / \tau_0, a_0 = \sigma / \tau_0^2, F_0 = \sigma m_0 / \tau_0^2,$$

где σ, ε – параметры потенциала Ленарда-Джонса.

Введем в рассмотрение относительные параметры:

$$m'_i = m_i / m_0$$

$$R_{ij} = r_{ij} / \sigma,$$

$$U_{ij} = u_{ij} / \varepsilon,$$

$$\tau' = \tau / \tau_0$$

Уравнения внутреннего движения атомов в кластере имеют вид:

$$\begin{aligned} m\ddot{x}_i &= F_{xi} \\ m\ddot{y}_i &= F_{yi} \\ m\ddot{z}_i &= F_{zi} \end{aligned} \quad (1)$$

где F_{xi}, F_{yi}, F_{zi} – компоненты силы, действующей на i -ый атом.

Зная парный потенциал взаимодействия между двумя атомами (потенциал Ленарда-Джонса), можно найти силу, действующую на i -ый атом со стороны всех остальных $(N-1)$ атомов:

$$\begin{aligned} F_{xi} &= \left| \frac{\partial U}{\partial R_{ij}} \right| \frac{(x_j - x_i)}{r_{ij}}, \\ F_{yi} &= \left| \frac{\partial U}{\partial R_{ij}} \right| \frac{(y_j - y_i)}{r_{ij}}, \\ F_{zi} &= \left| \frac{\partial U}{\partial R_{ij}} \right| \frac{(z_j - z_i)}{r_{ij}}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\ddot{r}_{ij} = \ddot{r}_j - \ddot{r}_i,$$

$$r_{ij}^2 = (x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2,$$

$$i = 1..N, j = 1..N, i \neq j$$

$$U = \sum_{i,j} u_{i,j}$$

$$\frac{\partial U_{ij}}{\partial R_{ij}} = \frac{24}{R_{ij}} \left[\left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^6 - 2 \left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^{12} \right].$$

Алгоритм. Уравнения движения (1) с заданными начальными условиями можно решить методом Эйлера. Запишем алгоритм решения с использованием относительных (безразмерных) параметров (для простоты обозначений далее относительные масса m'_i и время τ' записываются без апострофов):

1. Задаем малый интервал времени $\Delta\tau$.
2. Задаем значения начальных координат и скоростей в единицах σ и τ_0 :
3. $x_{0i}, y_{0i}, z_{0i}, v_{x0i}, v_{y0i}, v_{z0i}, i = 1..N$
4. Задаем начальный индекс временного шага:

$$k = 0$$
5. Определяем текущий индекс временного шага:

$$k = k + 1$$
6. Определяем текущее время:

$$\tau = k\Delta\tau$$

7. Вычисляем ускорения атомов в интервале времени от τ до $\tau + \Delta\tau$:

$$a_{xi} = \frac{24}{R_{ij}} \left[\left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^6 - 2 \left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^{12} \right] \frac{(x_j - x_i)}{m_i \cdot R_{ij}},$$

8.
$$a_{yi} = \frac{24}{R_{ij}} \left[\left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^6 - 2 \left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^{12} \right] \frac{(y_j - y_i)}{m_i \cdot R_{ij}},$$

$$a_{zi} = \frac{24}{R_{ij}} \left[\left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^6 - 2 \left(\frac{1}{R_{ij}} \right)^{12} \right] \frac{(z_j - z_i)}{m_i \cdot R_{ij}}$$

9. Вычисляем скорости атомов в момент времени t :

$$v_{xi,k} = v_{xi,k-1} + a_{xi}\Delta\tau,$$

10.
$$v_{yi,k} = v_{yi,k-1} + a_{yi}\Delta\tau,$$

$$v_{zi,k} = v_{zi,k-1} + a_{zi}\Delta\tau$$

11. Вычисляем координаты атомов в момент времени t :

$$x_{i,k} = x_{i,k-1} + \frac{v_{xi,k-1} + v_{xi,k}}{2} \Delta\tau + \frac{a_{xi}\Delta\tau^2}{2},$$

12.
$$y_{i,k} = y_{i,k-1} + \frac{v_{yi,k-1} + v_{yi,k}}{2} \Delta\tau + \frac{a_{yi}\Delta\tau^2}{2},$$

$$z_{i,k} = z_{i,k-1} + \frac{v_{zi,k-1} + v_{zi,k}}{2} \Delta\tau + \frac{a_{zi}\Delta\tau^2}{2},$$

13. Если $\tau < \tau_{\max}$ переходим к пункту 4, в противном случае к пункту 10.

14. Конец.

На данном этапе разработана компьютерная модель, с помощью которой методом вычислительного эксперимента можно определять геометрические и динамические характеристики кластера [4].

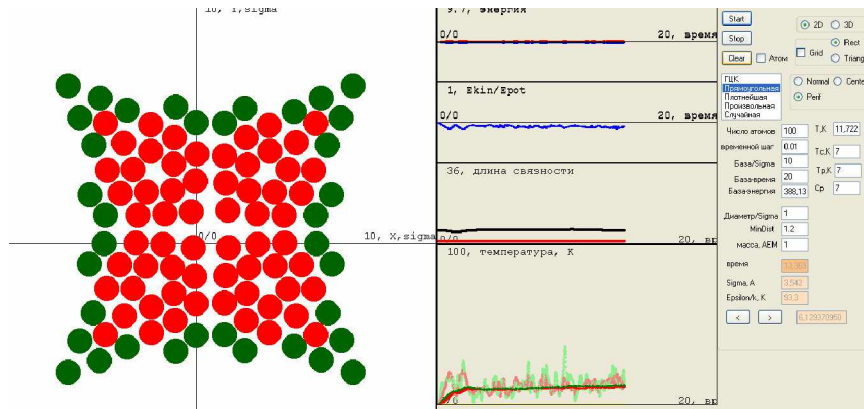


Рисунок 1 – Демонстрация вычислительного эксперимента

Вычислительный эксперимент. Исходная конфигурация кластера создается либо автоматически, либо произвольно. Задается минимальное расстояние между атомами, которое определяет потенциальную энергию системы. Начальные скорости принимаются равными нулю. Устойчивость численного решения проверяется постоянством полной энергии системы (рисунок 1).

Заключение. Программа позволяет определять все динамические параметры системы. Вычисляется кластерная температура. Имеется возможность выбирать группы атомов, для которых отдельно можно определить кластерную температуру. Изменяя начальную полную энергию кластера можно определить условия фазового перехода. Эта возможность позволяет определить температуру фазового перехода, которая зависит для кластера от числа частиц и межатомного потенциала.

Список литературы

1. Гусев, А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Рампель. – М.: Физматлит, 2001. – 356 с.
2. Макаров, Г. Н. [Электронный ресурс]. – 2008.

3. Берри, Р. С., Смирнов Б. М. [Электронный ресурс]. – 2005.
 4. Рожко, В. Ю. Моделирование динамики кластеров / В. Ю. Рожко, А. Т. Ганчиц, М. В. Дуль, А. Т. Панасюк // сб. научн. ст. В 2 ч.; редкол.: Е.А. Ровба (гл. ред.) [и др.] / ГрГУ им. Я. Купалы. – Гродно: ГрГУ, 2012. – С. 237 – 239.

Molecular dynamics is modeled by the motion of particles (atoms) in the Van der Waals nanoclusters. We study and analyze the geometric and dynamic characteristics of the atoms in the cluster. Compared to the dynamics of internal and surface atoms.

Научный руководитель – А. В. Никитин, зав. кафедрой теоретической физики, кандидат технических наук, доцент.

УДК 539.21-022.532

А. Л. РОТКЕВИЧ

МОДЕЛИ ШАРОВЫХ УПАКОВОК В МЕТОДЕ ПРОБ И ОШИБОК

Для двух типов плотнейших шаровых упаковок (ГПУ и ГЦК) рассчитаны и проанализированы радиусы координационных сфер (РКС) и соответствующие им координационные числа (КЧ) вплоть до пятидесятой. Показано, что в рамках плотнейших упаковок построить объемную структуру, включающую только тетраэдрические пустоты, невозможно. Однако, используя метод «жадного» алгоритма, возможно создать структуры висцерного типа, а также фрактальные кластеры.

При исследовании веществ с изодесмическими межатомными связями применимы модели шаровых упаковок. Эти модели основаны на создании взаимоконфигурации шаров, радиусы которых относятся друг к другу как и радиусы атомов или ионов в кристалле. Р. Фейнманом было показано, что существуют два метода создания наночастиц: «сверху-вниз» и «снизу-вверх» [1].

Для упаковок шаровых частиц, в том числе и атомов произвольного типа в объеме применимо понятие коэффициент компактности или коэффициент упаковки, который равен:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^N w_j}{V}, \quad (1)$$

где W_j – объем j -й частицы, N – число частиц, V – объем системы N частиц.

В случае, когда P имеет максимальное значение, структура будет находиться в состоянии, которое называется плотнейшей упаковкой [2, с. 49]. Для гексагональной плотнейшей упаковки (ГПУ) и гранецентрированной кубической (ГЦК) коэффициенты компактности одинаковые и равны $P = 0,74$.

В ГПУ и ГЦК системах для первых двух слоев шаров плотнейшая упаковка осуществляется единственно возможным взаимораспределением шаров. Именно распределение шаров третьего слоя определяют тип упаковки. В ГПУ центры шаров третьего слоя находятся в лунках шаров второго слоя, но над центрами шаров первого слоя (рисунок 1, А). В ГЦК центры шаров третьего слоя находятся в лунках шаров второго слоя над пустотами-лунками шаров первого слоя (рисунок 1, Б). Обе эти плотнейшие упаковки изображены на рисунке 2.



Рисунок 1 – Два типа плотнейшей упаковки шаров: А) ГПУ; Б) ГЦК.
 Центры шаров второго слоя обозначены (*), третьего (●)

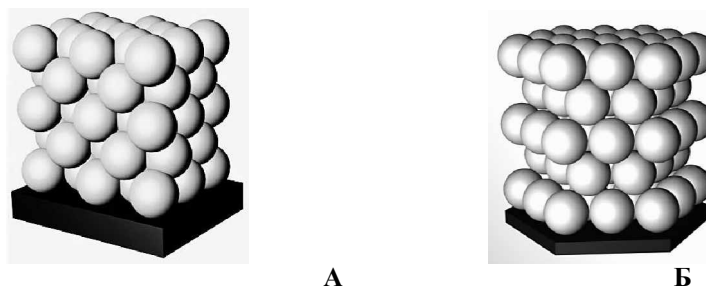


Рисунок 2 – Плотнейшая упаковка шаров одинакового размера: А) ГПУ; Б) ГЦК

Различия в упаковке слоев приводят к изменению взаиморасположения атомов, которые моделируются шарами, уже в ближайшем окружении атома, принятого за центральный. Расстояние от центрального атома до всех соседних атомов одинаковое.

Атомы, прилегающие к атомам первой координационной сферы, образуют вторую координационную сферу, которая характеризуется своим координационным числом. Если координационное число j -той сферы n_j , а ее радиус – r_j , то отношение

$$\rho_j = n_j / 4\pi r_j^2 \quad (2)$$

определяет плотность атомов на поверхности j -той координационной сферы и называется ретикулярной сферической плотностью. Были рассчитаны характеристики координационных сфер вплоть до 1000. Однако для иллюстрации приведены характеристики только до 50 номера. На рисунке 3 приведены диаграммы зависимости ретикулярных сферических плотностей от номера координационных сфер ГПУ и ГЦК систем.

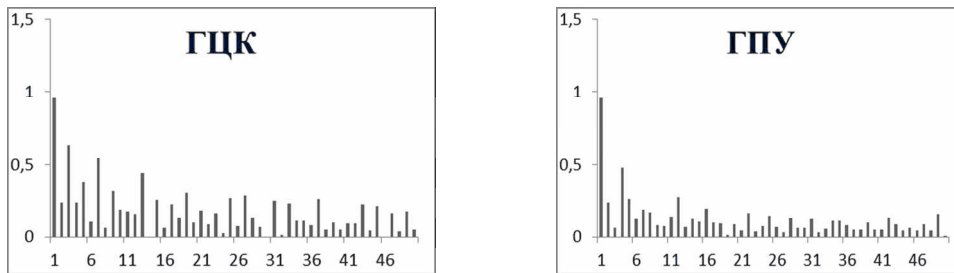


Рисунок 3 – Ретикулярные сферические плотности координационных сфер ГЦК и ГПУ

В условиях плотнейшей упаковки атомы не будут размещаться на n -ой координационной сфере пока не будет завершено наполнение $(n-1)$ координационной сферы.

Из приведенных на рисунке 3 диаграмм, видно, что во всех случаях наблюдаются достаточно большие вариации координационных чисел в пределах каждого типа упаковок [3, с. 23 – 31].

Как показано Р. Фейнманом, существуют два метода создания наночастиц. Первый метод заключается в диспергировании макроскопических полуфабрикатов до размеров частиц в нанодиапазоне. Второй – в построении наночастиц методом «снизу».

При формировании плотнейшей упаковки между шарами имеются пустоты, координированные либо шестью шарами, либо четырьмя. В первом случае центры шаров, соединенные прямолинейными отрезками, формируют октаэдр, и пустота называется октаэдрической (рисунок 4, А), а во втором центры четырех шаров формируют тетраэдр, то есть пустота тетраэдрическая (рисунок 4, Б).

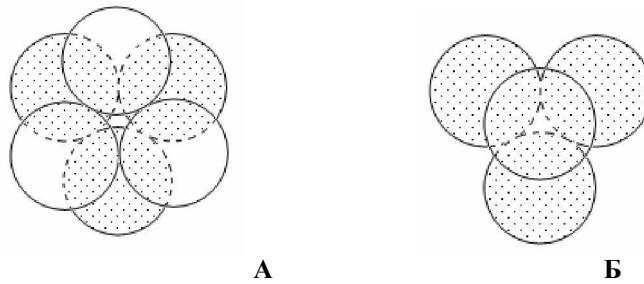


Рисунок 4 – Пустоты в плотнейших упаковках: А) октаэдрическая ; Б) тетраэдрическая

Если в плотнейших упаковках одинаковых шаров коэффициент компактности, определенный отношением объема шаров к общему объему системы, равен 0,74, то при заполнении всех тетраэдрических пустот коэффициент компактности принимает значение 0,76. При заполнении всех октаэдрических пустот коэффициент компактности – 0,79, если заполнены и тетраэдрические и октаэдрические пустоты – то 0,81.

Так как тетраэдрическая пустота меньше, чем октаэдрическая, была предложена методика упаковки шаров по тетраэдрической схеме. Тетраэдрическая конфигурация является плотнейшей упаковкой четырех шаров в пространстве (рисунок 5).

Таким образом, при создании наночастиц методом «снизу» возможно возникновение структур на основе так называемого «жадного алгоритма», когда структура представляет собой сочетание только атомных тетраэдров.

Однако плотно прилегающими друг к другу тетраэдрами нельзя заполнить все пространство. Стратегия упаковки шаров в тетраэдрические комплекты в объемных структурах до тех пор, пока это возможно, приводит к тому, что наступает ситуация, когда возникает такая конфигурация шаров, которая уже неспособна «поглотить» очередной шар без увеличения просвета между ними (рисунок 6).

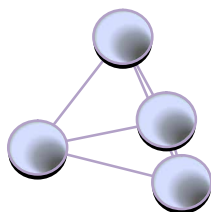


Рисунок 5 – Тетраэдрическая конфигурация шаров

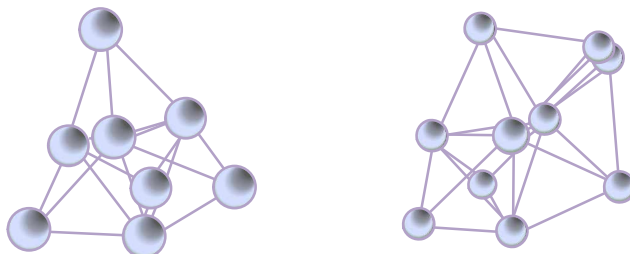


Рисунок 6 – Начальный и конечный этапы «жадного» алгоритма в пространстве

Такая упаковка шаров известна, как «жадный» алгоритм. Таким образом, хотя «жадный» алгоритм и порождает оптимальную упаковку шаров в небольшой области, размеры которой не превосходят нескольких их диаметров, в конечном счете, он приводит к коэффициенту компактности меньше, чем 0,74.

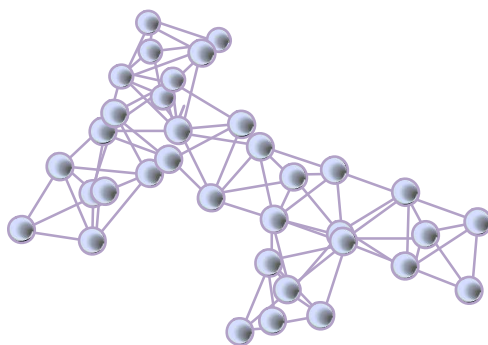


Рисунок 7 – Модель построения фрактального кластера на основе жадного алгоритма

В случае построения наночастиц методом «сверху – вниз» применимы методы плотнейших шаровых упаковок, даже если исходный макроскопический объект характеризовался упорядочением небольшого числа координационных сфер. Если макрообъект имеет структуру ближнего порядка, то и в этом случае метод плотнейших упаковок для описания нанообъектов применим. Во-первых, радиус области упорядочения может превышать размер наночастицы. Во-вторых, при уменьшении размера увеличивается значение поверхностных сил, которые для металлических кристаллов создадут условия для возникновения плотнейшей упаковки.

При построении наночастиц методом «снизу – вверх» по принципу «жадного» алгоритма возможно образование структур висцерного типа, даже если макроскопический аналог относится к кубической сингонии. Причем эти структуры могут иметь ветвления, то есть создавать фрактальные кластеры (рисунок 7). Таким образом, этим методом можно создавать объекты, которые не существуют в природе, и создавать из них блоки наноматериалов. Так, для металлов экспериментально были получены висцерные структуры, которые можно объяснить только на основе жадного алгоритма.

Список литературы

1. Фейнман, Р. Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики / Р. Ф. Фейнман // Рос. хим. журн. – 2002. – Т. XLVI, № 5.
2. Бокий, Г. Б. Кристаллохимия / Г. Б. Бокий. – М.: Недра, 1972. – 396 с.
3. Лиопо, В. А. Характеристики координационных сфер шаровых упаковок / В. А. Лиопо, А. В. Сабуть, С. С. Секержицкий, В. А. Струк // Веснік БрДУ. – 2010. – С. 23 – 31.

If the properties of closed packing spheres structures were analysed, there are two types of these packings. The coordination numbers of different spheres are described.

Научный руководитель – В.А. Лиопо, профессор кафедры теоретической физики доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 539.21

Ф. А. СИТКЕВИЧ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕБАЯ ДЛЯ АНАЛИЗА АТОМНЫХ КЛАСТЕРОВ МЕДИ

Нанокристаллы могут быть получены либо диспергированием большого кристалла, либо выращиванием вокруг центрального атома. Во втором случае рост частицы можно рассматривать как формирование новых координационных сфер вокруг центрального атома. Были исследованы координационные сферы, вплоть до 1000. В таблице №1 указаны квадраты радиусов координационных сфер, их координационные числа, число атомов в объеме, ограниченном координационной сферой.

Для расчёта интенсивности рассеивания рентгеновских лучей на кластере ограниченном определённой координационной сферой использовалась формула Дебая:

$$A^2(s) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n n_j (f_j)^2 \frac{\sin(2\pi s r_j)}{2\pi s r_j}, \quad (1)$$

где $A^2(s)$ – квадрат амплитуды рассеивания рентгеновского излучения, s – вектор обратного пространства, f_j – рассеивающая способность атома n_j и r_j – координационное число и радиус j координационной сферы соответственно. Формула Дебая вытекает из формулы (2) при усреднении структурного фактора F^2 по сфере обратного пространства.

Расчёты показали, что картины дифракции изменяться при увеличении номера координационной сферы, при этом полуширина максимумов на кривых $A^2(s)$ уменьшается, то есть максимумы становятся более резкими.

$$F(h, k, l) = \sum_{j=1}^N f_j \cos 2\pi(hx_j + ky_j + lz_j), \quad (2)$$

где f_j – атомная амплитуда рассеивания, (hkl) – кристаллографические индексы плоскости, $(xyz)_j$ – кристаллографические координаты атома.

Были исследованы координационные сферы, вплоть до 1000. В таблице 1 указаны квадраты радиусов координационных сфер, их координационные числа, число атомов в объеме, ограниченном координационной сферой [1, с. 67].

Этим методом можно воспользоваться, так как формирование наночастиц возможно двумя способами: либо измельчением более крупных объектов, либо выращивание наночастиц вокруг центрального атома. Кристаллы меди описываются решеткой ГЦК типа с точечной группой $Fm\bar{3}m$, что соответствует трехслойной плотнейшей упаковке (рисунок 1). Известно, что картина дифракции рентгеновских лучей на кристалле – это чередование рефлексов, положения которых определяются формулой Вульфа-Бреггов:

$$2d \sin \theta = n\lambda, \quad (3)$$

где d – межплоскостное расстояние кристалла, θ – угол скольжения, λ – длина волны, $n = 1, 2, 3, \dots$.

Полуширина рефлекса зависит от размера кристаллитов в поликристаллическом образце. Если размер кристаллитов равен L , то полуширина рефлекса равна:

$$\Delta(2\theta) = \frac{\lambda}{L \cos(\theta)}, \quad (4)$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения.

Эта формула (формула Шеррера) говорит о том, что существует некий минимальный размер кристаллита, когда уширение рефлексов становится настолько большим, что вещество нужно рассматривать как метамиктный (рентгено-аморфный) объект.

Таблица 1 – Характеристики координационных сфер ГЦК структур.

R^2	K	C	R^2	K	C	R^2	K	C	R^2	K	C
1	12	12	26	24	790	51	48	2170	76	72	3996
2	6	18	27	96	886	52	72	2242	77	96	4092
3	24	42	28	48	934	53	72	2314	78	0	4092
4	12	54	29	24	958	54	32	2346	79	96	4188
5	24	78	30	0	958	55	144	2490	80	24	4212
6	8	86	31	96	1054	56	0	2490	81	108	4320
7	48	134	32	6	1060	57	96	2586	82	96	4416
8	6	140	33	96	1156	58	72	2658	83	120	4536
9	36	176	34	48	1204	59	72	2730	84	48	4588
10	24	200	35	48	1252	60	48	2778	85	144	4728
11	24	224	36	36	1288	61	120	2898	86	24	4752
12	24	248	37	120	1408	62	0	2898	87	144	4896
13	72	320	38	24	1432	63	144	3042	88	24	4920
14	0	320	39	48	1480	64	12	3054	89	96	5016
15	48	368	40	24	1504	65	48	3102	90	72	5088
16	12	380	41	48	1552	66	48	3150	91	144	5232
17	48	428	42	48	1600	67	168	3318	92	48	5280
18	30	458	43	120	1720	68	48	3366	93	144	5424
19	72	530	44	24	1744	69	96	3462	94	0	5424
20	24	554	45	120	1864	70	48	3510	95	48	5472
21	48	602	46	0	1864	71	48	3558	96	8	5480
22	24	626	47	96	1960	72	30	3588	97	240	5720
23	48	674	48	24	1984	73	192	3780	98	54	5774
24	8	682	49	108	2092	74	24	3804	99	120	5894
25	84	766	50	30	2122	75	120	3924	100	84	5978

Примечание: R^2 – квадраты радиусов координационных сфер, K – их координационные числа, C – число атомов в объеме, ограниченном координационной сферой

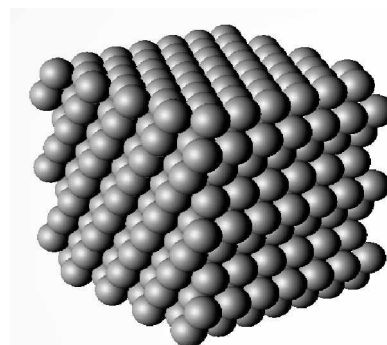
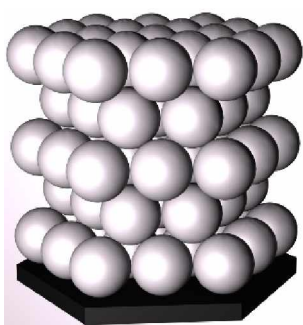


Рисунок 1 – Плотнейшая упаковка шаров одинакового размера (ГЦК)

Очевидно, что рассеяние рентгеновского излучения на изолированных атомах меди описывается кривой $f_{Cu}(s)$, где f – атомная амплитуда рассеяния, s – вектор обратного пространства, $f(s)$ – табличная монотонно убывающая величина [2, с. 331]. Если взять кластер меди, представляющий собой атом, окруженный прилегающими к нему двенадцатью другими атомами меди, т.е. анализируется центральный атом и 1-ая координационная сфера, то интерференция лучей на центральном атоме и на атомах координационной сферы нарушит монотонность зависимости амплитуды рассеянного на этом кластере рентгеновского излучения [2, с. 333]. Увеличение размера кластера приводит к тому, что интерференция рассеянных рентгеновских лучей будет «созда-

вать» максимумы, и при увеличении размера кластера полуширина максимумов на рассчитанной дифракционной картине должна уменьшаться при неизменном положении максимумов. Это было подтверждено выполненным нами численным экспериментом.

Полученные результаты могут быть распространены на другие металлы с ГЦК решеткой, например серебро, свинец, золото, алюминий, платина и др. При изменении размера наночастиц происходит изменение максимумов интенсивности, т.е. наночастица переходит в объемную фазу.

Обратное пространство кристалла является обратной решеткой. Каждый её узел имеет координаты в параметрах базиса (hkl) , а вес узла равен структурной амплитуде $F(hkl)$. Рассеяние от плоскости (hkl) будет наблюдаться только в случае выхода узла $F(hkl)$ на сферу Эвальда.

Для достаточно совершенных кристаллов рентгеновские рефлексы имеют Δ -образную форму с полушириной обычно не превышающую по углу дифракции 10° .

Нами были рассчитаны параметры рассеяния рентгеновских лучей на атомных шарах. В качестве модельного объекта были выбраны кластеры из атомов меди. Это позволило брать форму кластеров в виде концентрических координационных сфер, так как решетка меди является ГЦК-системой. Так как дислокация атомных кластеров произвольна, то нами была использована модель плотнейших упаковок координационных сфер с рассеивающей способностью $n f(s)$, где n – число атомов на n -ой координационной сфере.

Эта достаточно упрощенная модель позволила установить, что при уменьшении n наблюдается изменение координационных сфер, которые определялись по расчету координационной функции $R(r)$, являющийся трансформантой Фурье формулы Дебая, имеющей вид:

$$A(s) = \sum_r f_j \frac{s_n 2\pi sr}{2\pi sr},$$

то есть

$$R(r) = \int A(s) \frac{\exp 2\pi sr}{2\pi sr} ds.$$

Список литературы

1. Авдейчик, С. В. Введение в физику наноконпозиционных машиностроительных материалов / С. В. Авдейчик, В. А. Лиопо, А. А. Рыскулов, В. А. Струк. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 438 с.
2. Миркин, Л. И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л. И. Миркин. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1961. – 863 с.

Nanocrystals can be prepared either by dispersing the large crystal, or cultivation around the central atom. In the second case, the growth of the particle can be considered as the formation of new coordination spheres around the central atom. We investigated the coordination sphere, until 1000. Table 1 shows the number the squares of the radii of coordination spheres, their coordination numbers, the number of atoms in a volume bounded by the coordination sphere.

Научный руководитель – В. А. Лиопо, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 378.018

А. И. СТАСЮКЕВИЧ

ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Решение задач относится к практическим методам обучения и опирается на активную мыслительную деятельность. Обучение учащихся решению задач по физике – трудный процесс. Показаны этапы, которые выделяют в процессе решения задач. Подробно рассмотрен каждый этап.

Методика решения задачи зависит от многих условий: от ее содержания, подготовки учащихся, поставленных перед ними целей и т.д. Тем не менее, существует ряд общих для большинства задач положений, которые следует иметь в виду при их решении.

Количество задач в курсе физики средней школы весьма велико. В 7 – 11 классах учащиеся должны усвоить около 170 основных физических формул. Поскольку на каждую формулу необходимо решить не менее трех задач, то очевидно, что только на основные физические закономерности школьники должны решить сотни задач.

Главное условие успешного решения задач – знание учащимися физических закономерностей, правильное понимание физических величин, способов и единиц их измерения, а также умение применить эти знания на практике. К обязательным условиям относится и математическая подготовка учеников. Затем на первый

план выступает обучение, как по некоторым общим, так и по специальным приемам решения задач определенных типов.

Формирование умения решать задачи начинается с первого класса. К началу изучения физики на уроках математики учащиеся должны научиться решать простые задачи на сложение и вычитание, задачи в одно действие (с составлением уравнения), в два действия (с составлением уравнения или решением по действиям), задачи на все четыре действия.

Процесс решения задач есть эвристическая деятельность, если осуществляется поиск методов и способов решения. Особенностью такой деятельности является обязательное включение действия «планирование деятельности». Если деятельность осуществляется через усвоенные методы и способы, то процесс решения таких задач выполняет контролируемую функцию. Решение задач выступает и средством усвоения эвристических приемов, методов, в результате чего эвристическая деятельность превращается в алгоритмическую. Такое диалектическое превращение означает качественный скачок в овладении эвристической деятельностью. Происходит он индивидуально у каждого ученика. Поэтому в определенный момент или интервал времени в одном и том же классе для одних учеников решение одной и той же задачи предполагает организацию эвристической деятельности, у других — алгоритмической. Деятельность по решению физических задач осуществляется определенными методами.

Идеальным было бы создание для них алгоритмов решения, т. е. точных предписаний, предусматривающих выполнение элементарных операций, безошибочно приводящих к искомому результату. Однако многие задачи не рационально решать, а иногда и просто нельзя решить алгоритмическим путем. В одних случаях для решения задачи вообще не имеется алгоритма, в других он оказывается очень сложным и громоздким и предполагает перебор громадного числа возможных вариантов. Для большинства физических задач можно указать лишь некоторые общие способы и правила подхода к решению, которые в методической литературе иногда преувеличенно называют алгоритмами, хотя скорее это «памятки» или «предписание» алгоритмического типа. И систематическое применение общих правил и предписаний при решении типовых задач формирует у школьников навыки умственной работы, освобождает силы для выполнения более сложной творческой деятельности.

Для учителей физики решение задач с учащимися — одно из труднейших звеньев учебного процесса. При неудачной его организации большинство учащихся начинают считать физику очень трудным предметом, так как плохо справляются именно с решением задач, поэтому многие не верят в свои силы и даже не пробуют решать. Чтобы научить ребят этому, следует дать им представление о том, что *их работа должна состоять из трех последовательных этапов*:

1) анализа условия задачи (что дано, что требуется найти, какое явление описано в условии задачи, как связаны между собой данные и искомые величины и т. д.);

2) собственно решение (составление плана поиска нужных величин и его осуществление, подстановка численных значений и получение ответа);

3) анализа результата решения.

Кроме того, важно (особенно в начальный период), чтобы обучение проходило в атмосфере взаимодействия и сотрудничества учителя и учащихся, как их совместная деятельность. Поэтому в случае каждой конкретной задачи необходимо предусмотреть предварительный этап работы для определения дидактических целей постановки этой задачи, ее роли в достижении намечаемых результатов урока, оценки познавательной содержательности задачи, соразмерности ее сложности с уровнем подготовленности учащихся (что позволит упростить или усложнить ее условие).

Заранее (до постановки задачи на уроке) следует продумать и выбрать методику работы: форму подачи содержания задачи (громкое прочтение условия, раздача всем ученикам листов с текстом задачи, демонстрация слайда, опыта и пр.), организацию решения (самостоятельное каждым учащимся, коллективное с обсуждением только плана, коллективное с записью на доске хода решения и т. д.), анализа ответа (оценка его правдоподобности, проверка опытом, сравнение с табличными данными и т. п.).

Процесс решения задачи начинается с постановки задачи или, как обычно говорится, с условий задачи. И сразу же возникает вопрос: а надо ли слушателю писать в тетради условие задачи дословно? Зачем тратить время на переписывание условий, если они напечатаны в задачнике? Но думать так есть серьезная методическая ошибка. Дело в том, что условие задачи не содержит лишних слов и величин. Словами предельно кратко описано состояние или процесс, представленный в задаче, его конкретные условия или результаты, без понимания которых невозможно получить правильное решение. Но самое главное состоит в том, что в процессе записи условий задачи словами учащийся «включает» воображение, начиная мыслить образами, картиной. (Например, сказано: «Камень летит...»). И сразу же возникают вопросы. Как он летит? А почему так, а не иначе? Что действует на камень? Что получилось в результате действия? Почему?). Эта направленность мышления необходима, это и есть начальная стадия понимания при необходимости вникнуть в условия задачи.

Запись условий задачи необходима и для последующих этапов решения. Это запись поможет также при подготовке слушателя к контрольной работе, зачёту, экзамену, так как без написанных условий решение становится необоснованным, непонятным.

При анализе условия задачи должна превалировать деятельность учащихся. Одна из главных целей анализа — определить объект (или систему), который рассматривается в задаче, установить его начальное и конечное состояния, а также явление или процесс, переводящий его из одного состояния в другое, выяснить причины изменения состояния и определить вид взаимодействия объекта с другими телами (это помогает объяснить физическую ситуацию, описанную в условии, и дать ее наглядное представление в виде рисунка, чертежа, схемы).

Численные значения величин ещё не дают полного представления о состоянии тела или процессе, происходящем в задаче. Весьма важно уяснить, к какой точке тела приложена сила, ускорение, в каком направлении, с какого по какой момент времени действует сила, как изменяется скорость, траектория движения и т.д. Без чертежа это невозможно. Без чертежа (схемы) нельзя рассчитать простейшую электрическую цепь, ме-

ханическую конструкцию, участок водопровода, не говоря уже о таких сложных явлениях, как интерференция или дифракция света.

Чертеж зависит от условий задачи. Если в условиях описывается состояние тел (статическая задача), то и чертеж будет статическим: взаимодействующие тела изображаются неподвижными, обозначается масса тел, изображаются векторы сил и т.д. Обязательно выбирается и изображается система координат (в плоских задачах ось X и ось Y , помечается начало координат O), так как уравнения, описывающие состояние, составляются относительно выбранной системы координат.

Если в условиях задачи описывается процесс, то чертеж должен содержать начальное состояние с изображением всех величин и конечное состояние с изображением изменившихся за время движения этих величин. Проще говоря, надо показать, что было в начале процесса и что стало в конце его, чтобы понять, как и почему изменились величины, понять сущность процесса, описанного в задаче. Иногда желательнее изобразить и промежуточное состояние.

Для более наглядного уяснения процессов можно применить цветное изображение векторов, например, силы – красным цветом, ускорения – желтым, скорости – синим и т.д. Обязательно следует при этом выбрать и обозначить систему координат, относительно которой будут составляться уравнения движения (процесса).

Приступая к решению задачи, надо напоминать ученикам о необходимости иметь план действий: представлять себе, поиск каких физических величин приведет к конечной цели. В общем виде *план решения* задач может быть таким.

- Установить связи и взаимодействия рассматриваемых объектов, причины и следствия происходящих явлений и процессов. Выделить главное, пренебречь второстепенным.
- Выявить особенности изменения состояния объекта (системы).
- Определить теории и законы, которым подчиняются эти изменения.
- Записать формулы, устанавливающие связи между известными и искомыми величинами.
- Выяснить, какие физические величины неизвестны и как их можно найти (как они связаны с данными в условии задачи величинами). Если надо, то можно разбить сложную задачу на последовательность простых, в результате решения которых будут найдены эти, «промежуточные», величины.

- Внести при необходимости дополнения в рисунок (график, схему), сделанный первоначально.

Во время реализации плана *решения задачи* (т.е. самого решения) ученик подбирает все необходимые данные, делает дополнительные построения на рисунке (графике, схеме), производит необходимые измерения, составляет последовательность расчетных формул (систему уравнений), выполняет нужные математические преобразования и получает формулу для определения искомой величины, выражает значения входящих в нее физических величин в единицах СИ, подставляет их в формулу и, сделав вычисления, получает численный результат.

Правильность полученной формулы необходимо проверить выполнением действий с наименованиями единиц физических величин или (иногда) методом симметрии, или по соответствию физическому смыслу. Систематически обучая ребят этим действиям и требуя их выполнения, учитель вырабатывает у школьников привычку осуществлять самоконтроль при решении задач, которая облегчает им потом поиск допущенной ошибки.

Правильность численного результата проверяется путем устной прикидки порядка полученной величины или оценкой правдоподобия ответа, а при возможности и с помощью измерений в эксперименте. В некоторых случаях при решении задач учащиеся получают результаты, явно не соответствующие условию задачи, а иногда противоречащие здравому смыслу. Происходит это от того, что в процессе вычисления они теряют связь с конкретным условием задачи. При этом нелепость ошибочно полученного результата остается вне поля зрения учащегося. Поэтому учитель приучает учащихся проверять порядок полученной величины (с помощью прикидки), производя более грубое, чем это положено правилами действий с приближенными числами, округление чисел и комбинируя действия с ними таким образом, чтобы облегчить выполнение математических операций в уме. Для проверки анализа ответа важно логически оценить его правдоподобность, в том числе с помощью метода размерности. Далее необходимо научить учащихся оценивать порядок ответа не только с математической, но и с физической точки зрения, чтобы ученики сразу видели абсурдность таких, например, ответов:

КПД какого-либо механизма > 100 %;

Температура воды при обычных условиях < 0 °С.

Так же на этом этапе работы учителю необходимо следить за выбором учениками наиболее рационального способа решения задачи и знанием ими соответствующего математического аппарата (надо максимально использовать межпредметные связи физики и математики). Заранее надо предусмотреть, какой именно способ проверки решения в общем виде порекомендовать учащимся (правило размерностей, метод симметрии, соответствие физическому смыслу) для рассматриваемой задачи, какие «подсказки» и пояснения дать учащимся, испытывающим затруднения, как добиться понимания необходимости анализа полученного ответа и как его провести в данном случае.

Заканчивая решение должно оценкой его рациональности, выяснением существования других способов и их сопоставлением (отмечаются преимущества и недостатки каждого, а также используется дополнительная возможность проверки решения: его правильность будет подтверждена получением того же ответа другим способом решения). Следует подчеркнуть особенности этого решения по сравнению с теми, что выполнены ранее (какие приобретены новые знания и умения), возможность использования примененного способа для решения других задач. Важно исследовать условия, при которых задача имеет одно или несколько решений (или не имеет решения), и выяснить их физический смысл, рассмотреть возможность составления задач, обратных данной.

Учитель для анализа решения задачи должен прояснить для себя вопрос о том, по каким признакам оценивать рациональность выполненных действий, как стимулировать учащихся к поиску дополнительных воз-

возможностей проверки правильности решения задачи и других способов ее решения. При обсуждении полученного ответа следует выяснить, как повлияла на него идеализация условия задачи (принятые приближения и допущения).

Конечно, не при каждом решении и не любой задачи, к тому же не сразу можно реализовать отмеченные здесь этапы и элементы работы учителя и учеников. Но, имея их в виду и организовывая соответствующим образом занятия, удастся добиться того, что постепенно, исподволь, но учащиеся усвоят технологию решения физических задач.

Замечено: чем детальнее продумана и представлена модель умственных и практических операций, выполняемых при решении той или иной задачи, тем успешнее проходит обучение. Поскольку оно осуществляется чаще всего посредством получения ответов на логическую совокупность следующих друг за другом вопросов (корректирующих, наводящих и др.), ставить эти вопросы надо правильно, своевременно, лучше в увлекательной форме. Со временем ученики научатся правильно формулировать вопросы, мысленно задавая их себе и проникая тем самым в физическую сущность задач, а это - главное условие успешного их решения.

The decision of problems concerns to practical methods of training and leans on active cogitative activity. Training of pupils to the decision of problems in physics – difficult process. Stages which allocate during the decision of problems are shown. Each stage is in detail considered.

Научный руководитель – К. Ф. Зноско, доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии, кандидат физико-математических наук, доцент.

УДК 548.4+548.7

Р. И. СТЕЛЬМАШОК

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ В НАНОДИАПАЗОНЕ

Анализируется обобщённая функция $S(r)$, описывающая зависимости свойств веществ от размера частиц в нанодиапазоне. Предложена методика корректировки функции $S(r)$, полученная экспериментально. По экспериментальным данным определены параметры функции $S(r)$. Методика корректировки использована для обработки экспериментально зарегистрированных зависимостей периода кристаллической решётки алюминия и температуры плавления золота и олова от размеров частиц в нанодиапазоне.

На физические свойства веществ оказывает влияние большое число самых различных факторов. В последнее время обнаружен ещё один фактор, влияющий на свойства твёрдого тела – размерный фактор [1].

Размерный фактор. Было установлено, что при уменьшении кристаллитов в ряде случаев происходят существенные изменения их физических свойств. Особенно это проявляется тогда, когда размеры частиц не превышают нескольких десятков нанометров. Именно это и привело к появлению таких терминов, как нанофизика и нанотехнологии.

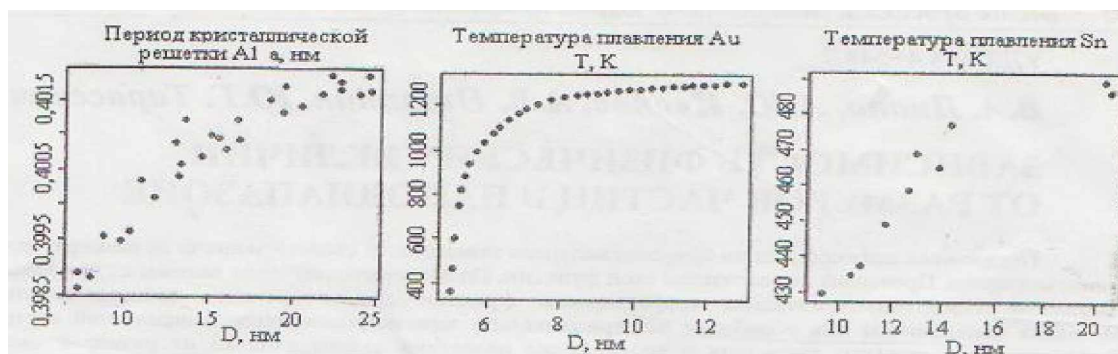


Рисунок 1 – Зависимость периода кристаллической решётки алюминия от размера наночастиц; зависимость температуры плавления золота от диаметра наночастиц; зависимость температуры плавления олова от размера наночастиц.

На рисунке 1 в качестве примера приведены результаты экспериментальных исследований, из которых видно, что все представленные зависимости имеют характерный вид: функции свойств зависят от аргументов только в некоторой области их значений.

Существует размерная область, в пределах которой значения параметров физических свойств не зависят от размеров частиц, формирующих образец. Трудности анализа свойств веществ в нанодиапазоне связаны со сложностями получения объекта с одинаковыми размерами частиц. При исследовании свойств веществ в нанодиапазоне, необходимо производить анализ экспериментально полученной функции $S(r)$, описывающей зави-

симось значений параметров физических свойств веществ от размера частиц. Зависимость физической величины от размеров частиц приведена на рисунке 2 [2, 3].

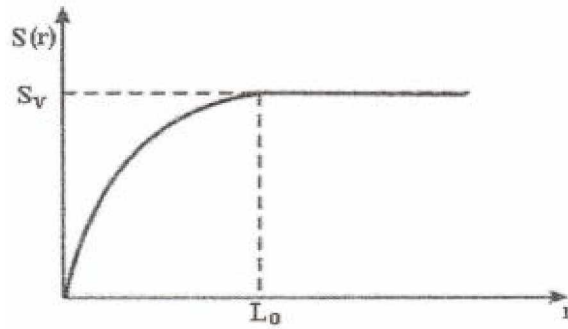


Рисунок 2 – Обобщённая функция зависимости физической величины от размера частиц. S_v – объёмное значение параметра, L₀ – размерная граница между нано- и макросостоянием

Зависимость S = S(r), приведённая на рисунке 2, наилучшим образом может быть описана функцией:

$$S(r) = \frac{S_v}{\left[\exp \alpha \left[\left(\frac{L_0}{r} \right)^n - 1 \right]^{3/2} \right]} \quad (1)$$

где α, n – постоянные положительные величины, характерные для данного вещества и данной физической величины.

Величина L₀ рассчитывается по формуле [4]:

$$L_0 = \sqrt{\frac{1,5}{km}} \cdot h(\theta_D)^{-1/2} = 230(\theta_D)^{-1/2} \quad (2)$$

где h, k, m – физические постоянные: Планка, Больцмана, масса электрона соответственно; θ – температура Дебая.

Введём новые переменные:

$$\left\{ \begin{array}{l} X(r) = \left[\left(\frac{L_0}{r} \right)^2 - 1 \right]^{3/2} \\ Y(r) = \ln \frac{S_v}{S(r)} \end{array} \right\}_{r \geq L_0} \quad (3)$$

Тогда Y = αX (4). Прямая (4) проходит через начало координат (рисунок 3). Угол наклона прямой φ определяет параметр α = tg(φ).

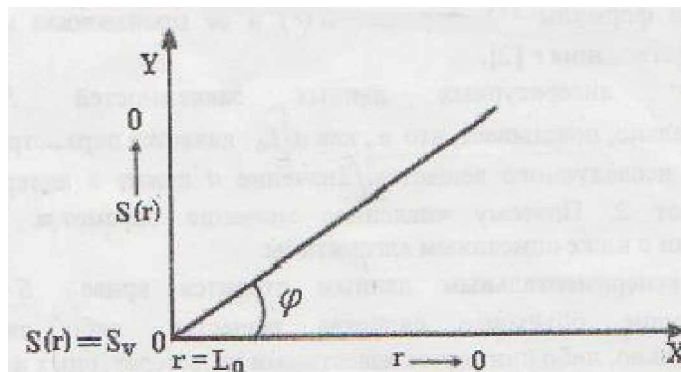


Рисунок 3 – Графическая иллюстрация зависимости (4)

Если по экспериментально зарегистрированной зависимости S(r) стандартным способом построить прямую Y(X), то в общем случае прямая регрессии может не пройти через начало координат (рисунок 4).

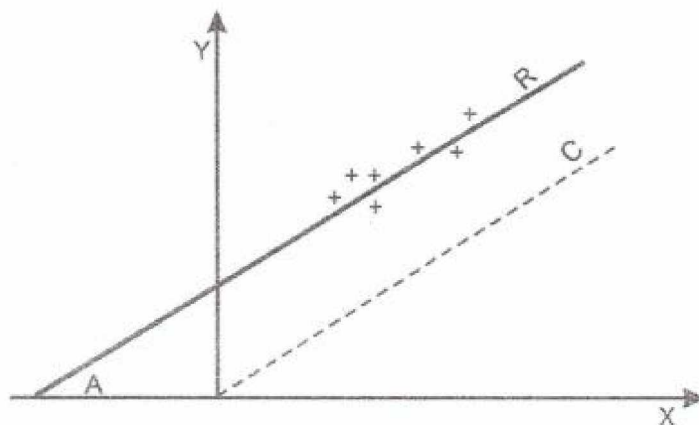


Рисунок 4 – Зависимость Y от X при наличии систематической ошибки определения $S(r)$.
 R – линия регрессии, C – скорректированная линия регрессии (см.(4) – (5))

Если линия регрессии R при $Y = 0$ отсекает на оси X отрезок $(-A)$, это значит что была допущена ошибка при определении $S(r)$. В этом случае в формулу (4) нужно ввести поправку:

$$Y = \alpha(X + A) \quad (5)$$

В результате получим:

$$\ln \frac{S_v}{S^{(0)}(r)} = \alpha X \quad (6)$$

где $S^{(0)}(r)$ – откорректированная функция.

Определение параметров откорректированной функции $S(r)$. Для зависимости периода кристаллической решётки алюминия от размера наночастиц получены следующие значения формулы (6): $\alpha = 0,0088$, $A = 1,09$ при $n=1$. Коэффициент корреляции Пирсона 0,89. $\alpha = 0,0018$, $A = 5,52$ при $n=2$. Коэффициент корреляции 0,88. Значение периода кристаллической решётки для объёмного состояния принято равным 0,40496 нм для алюминия, граничного параметра $L - 12,7$ нм. При анализе зависимости температуры плавления золота от диаметра наночастиц получены следующие значения параметров: $\alpha = 0,198$, $A = -0,59$ при $n=1$. Коэффициент корреляции 0,84. $\alpha = 0,0021$, $A = -2,59$ при $n=2$. Коэффициент корреляции 0,88. Значение температуры плавления для объёмного состояния принято равным 1337 К, $L = 17,7$ нм. Из результатов обработки данных экспериментальных исследований зависимости температуры плавления олова от размера наночастиц следует: $\alpha = 0,0045$, $A = -0,35$ при $n=1$. Коэффициент корреляции 0,97. $\alpha = 0,0048$, $A = -5,48$ при $n=2$. Коэффициент корреляции 0,95. Значение температуры плавления олова для объёмного состояния принято равным 505 К, $L_0 = 30,8$ нм.

Таким образом, на основании проведённых исследований можно сделать вывод, что предложенные формулы расчета L_0 и зависимости параметров физических свойств от размера наночастиц согласуются с экспериментальными результатами различных авторов. Следовательно, эти математические зависимости могут использоваться при анализе изменений параметров физических свойств различных веществ. Причём L – параметр вещества, α – параметр изучаемого физического свойства.

Список литературы

1. Лиопо, В. А. Введение в физику наноразмерных частиц / В. А. Лиопо, В. А. Струк, С. А. Авдейчик // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития. – Гродно: ГГАУ. – 2008. – С. 223 – 272.
2. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с.
3. Ajayan, P. M. Nanocomposite science and technology / P.M. Ajayan, L. S. Schadler, A. V. Braun. – Weinheim: Wiley, CY. GmbH ICo KgaA, 2004. – 230 p.
4. Лиопо, В. А. Размерная граница между нано и объёмными состояниями: теория и эксперимент / В. А. Лиопо // Веснік ГрДУ. Серія 2. – 2007. – № 2. – С. 65 – 71.

We analyze the generalized function $S(r)$, describing the dependence of the properties of substances on the size of the particles in the nanoscale. The technique of adjusting the function $S(r)$, obtained experimentally.

Научный руководитель – **В. А. Лиопо**, профессор кафедры теоретической физики, доктор физико-математических наук, профессор.

УДК 378.018

Л. В. ТЕРЛЕЦКАЯ

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВНЕКЛАССНОЙ И КЛАССНОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ

Рассмотрено значение внеклассной работы при изучении физики. Описана связь между внеклассными и классными занятиями. Дополнительное образование в школе – является средством непрерывного образования и формирования личности.

Содержание образования на старшей ступени средней школы в первую очередь определяется разработкой новой структуры учебных планов, ориентированных на обеспечение профориентации и специализации старшеклассников. Однако, немаловажная роль в организации учебно-воспитательного процесса должна быть отведена так называемой «второй половине» дня, находящейся за рамками учебного расписания. Это касается практически всех предметов. Основным подходом к организации внеурочной деятельности по предмету должен стать *исследовательский метод* обучения, который рассматривается не как альтернатива классическому изучению академических дисциплин, а как необходимый компонент учебно-воспитательного процесса, способствующий активизации творческой, исследовательской и познавательной деятельности учащегося. *Основной целью* такой работы является поиск методов, с одной стороны, способствующих более твердому усвоению основного учебного материала, а с другой — формированию «личности» исследователя, личности, не удовлетворяющейся имеющимся набором постулатов и их следствий, а стремящейся глубоко понять их сущность, взаимосвязи и проявления среди многочисленных побочных факторов, их рамки применимости. Не секрет, что процесс обучения должен учитывать набор психологических, возрастных, личностных качеств учащихся, поэтому невозможно найти некую «абсолютную» форму работы, которая была бы приемлема абсолютно для всех учащихся, следовательно, эти формы должны быть многообразны, ориентированы как на личность обучаемого, так и на личность обучающего.

Перед учителем физики, как и перед учителями других предметов, стоит важнейшая задача: не только сообщить учащимся определенную сумму знаний, развивать их умения и навыки, но, главное, научить учеников применять полученные знания на практике. Этому во многом способствуют внеклассные занятия по предмету.

Внеклассные занятия углубляют и расширяют знания учащихся, полученные на уроке, повышают их интерес к предмету. Ознакомившись на занятии кружка, конференции или вечере с тем или иным явлением, ученик постарается глубже понять его суть, захочет почитать дополнительную литературу. Внеклассные занятия приучают к самостоятельной творческой работе, развивают инициативу учащихся, вносят элементы исследования в их работу, содействуют выбору будущей профессии.

Внеклассные занятия помогают учителю лучше узнать индивидуальные способности своих учеников, выявить среди них одаренных учащихся, проявляющих интерес к физике, и всячески направлять развитие этого интереса. Необходимо отметить, что с внеклассных занятий на урок приходят новые формы работы. Сочетание классной и внеклассной форм работы обогащает урок, наполняет его новым содержанием, делает более интересным для учащихся [1].

Внеклассные занятия, углубляя и расширяя знания учащихся, не должны отвлекать их внимания от основного содержания учебной программы. Необходима тесная связь учебно-воспитательной работы на уроке и на внеклассных занятиях. Однако внеклассная работа не должна быть простым продолжением учебной работы. Планы внеклассных занятий могут отставать от планов учебных занятий или обгонять их. Предлагаемый учащимся для изучения материал должен быть доступен им, соответствовать их возрасту, уровню развития. Содержание внеклассных занятий и формы их организации должны быть всегда интересны учащимся. Любое дело, организуемое учителем, принесет им полное удовлетворение в том случае, если оно опирается на потребности самого ученика, если находит отклик в его переживаниях, чувствах, положительных эмоциях. Во внеклассной работе выполнению этого требования содействуют элементы занимательности, которые необходимы для здорового отдыха, хорошего настроения, жизнерадостной деятельности. Но неправильно основывать внеклассную работу только на принципе занимательности. Внеклассная работа по физике должна не развлекать школьника, а развивать и совершенствовать его личность.

Внеклассные занятия оказывают большое влияние на урок. Сведения, полученные на этих занятиях, позволяют ученику дополнять в классе ответы товарищей, приводить интересные примеры или выполнять трудные опыты. Один из самых верных путей повышения качества обучения физике — установление тесной связи между классными и внеклассными занятиями. Ее можно осуществлять по-разному. Ставить такие вопросы, чтобы у учащихся возникала необходимость более глубокого, чем это возможно на уроке, изучения материала. Затем на внеклассных занятиях изучить этот дополнительный материал, например, позволяющий учащимся ознакомиться с историей физических открытий, с новыми обобщениями, новыми способами решения проблемы. А на последующих уроках заслушать выступления учащихся, подготовленные на внеклассных занятиях. Предлагать задачи, допускающие различные способы решения, часть из которых анализировать на занятии кружка. Интересные способы решения члены кружка могут сообщить всему классу на следующих уроках. Посредством приборов, изготовленных учащимися на внеклассных занятиях, следует обязательно демонстрировать на уроках. Поощрять использование на уроках и при выполнении домашних заданий умений, полученных на внеклассных занятиях. Успех взаимосвязи урочных и внеклассных занятий во многом определяется их совместным планированием. Это позволяет полнее использовать резервы учебной работы по физике и не допускать перегрузки учащихся. Правильное сочетание классной и внеклассной работы обеспечивает взаимное использование не только содержания, но форм и методов работы. При подготовке урока учитель может использовать формы

работы, возникшие на внеклассных занятиях. Так, на уроки физики пришли конференции, дидактические игры, защита темы, диспуты и т.д. Обогатившиеся новыми формами и методами работы уроки стали более эффективными. Но внеклассные занятия могут не только углублять и расширять программный материал, они могут быть посвящены темам, далеко выходящим за пределы программы школы. В этом случае не следует искать искусственных связей между классными и внеклассными занятиями [4].

Всякая внеклассная работа по физике должна учитываться и в конце, после ее завершения, получить оценку. В тех случаях, когда учитель не ведет учета выполнения учениками добровольно взятой на себя работы, получается беспорядок: учащиеся часто не доводят работу до конца или выполняют ее небрежно. Учет внеклассной работы надо вести систематически. Все это дает возможность глубже узнать учеников, целенаправленно руководить их работой и постоянно воспитывать их.

При составлении доклада, решении задач или конструировании прибора ученик использует дополнительную литературу, изучает важные физические закономерности. Эта его работа должна учитываться при выставлении общей оценки по физике в конце четверти или учебного года. Ведь выполнение внеклассного задания по физике часто требует от ученика гораздо большей самостоятельной работы и затраты времени, чем выполнение очередного домашнего задания, оценку за которое, бесспорно, выставляют в журнал. Оценка за внеклассную работу будет более значимой, если она явится результатом анализа каждого внеклассного мероприятия. Чтобы в обсуждении могли принимать активное участие желающие, необходимо ученику, выполнявшему конкретную работу, ознакомить с нею коллектив. Анализ качества проведения внеклассного мероприятия приучает каждого члена коллектива критически подходить к работе одноклассника, не повторяют отмеченные при обсуждении ошибки. Открытые обсуждения внеклассного мероприятия повышают значимость и интерес к внеклассной работе. Опыт проведения внеклассной работы по физике показывает, что она полезна не только для учащихся, но и для учителя: она помогает ему лучше узнать своих учеников, развивает его организаторские способности, заставляет быть в курсе последних достижений науки и техники, творчески работать над собой [3].

Внеурочная работа опирается на следующие принципы: научности, последовательности, систематичности. Эффективность работы школы определяется тем, в какой мере учебно-воспитательный процесс обеспечивает развитие творческих способностей каждого ученика, формирует творческую личность и готовит ее к творческой познавательной деятельности. Внеклассные занятия – это неотъемлемая часть всей учебно-воспитательной работы в школе. Здесь учащиеся, как и на уроке, получают новые знания о предмете, работают над пробелами в знаниях по предмету. Внеурочная работа по физике играет очень важную роль в развитии познавательного интереса к физике, расширении кругозора, повышении качества усвоения учебного предмета.

Содержание науки физики включает объективные возможности для формирования познавательных интересов учащихся. Во многих школах стало традицией проведение в течение года олимпиады знаний. Для этого время всего учебного года распределяют между учебными предметами для проведения недель физики, химии, литературы и т.д. В конце года организуют праздник знаний, где подводят итоги соревнования между классами, награждают победителей. Такая форма планирования внеклассной работы способствует более научной организации труда школьников: некоторое время их внимание концентрируется на определенном учебном предмете, углубляются и расширяются знания — это развивает их интересы, позволяя сравнивать и выбирать, создает широкий простор для соревнования. Содержание и методика проведения декад по различным предметам имеет много общего. Время проведения недели физики и ее содержание из года в год должны изменяться, так как в противном случае неделя будет приходиться на один и тот же программный материал и поэтому страдать некоторым однообразием.

Одним из эффективных путей воспитания у школьников интереса к предмету являются игры. В практике школы, к сожалению, крайне редко используют игры на уроках физики и во внеклассной работе. В процессе игры замечательный мир детства соединяется с прекрасным миром науки, в который вступают ученики. В играх различные знания и сведения ученик получает свободно. Поэтому часто то, что на уроке казалось трудным, даже недостижимым для учащихся, на внеклассном мероприятии, во время игры, легко усваивается. Интерес и удовольствие — важные психологические эффекты игры. Известнейший французский ученый Луи де Бройль утверждал, что все игры, даже самые простые, имеют много общих элементов с работой ученого. В том и другом случае сначала привлекает поставленная загадка, трудность, которую нужно преодолеть, затем радость открытия, ощущение преодоленного препятствия. Именно поэтому всех людей независимо от возраста привлекает игра.

Характерным для каждой дидактической игры является, с одной стороны, решение различных дидактических задач: уточнение представлений о предмете или явлении в целом и о его существенных особенностях, развитие способности замечать сходство и различие между ними и т. д. В этом смысле игра носит обучающий характер. С другой стороны, неотъемлемым элементом дидактической игры является игровое действие. Внимание ученика направлено именно на него, а уже в процессе игры он незаметно для себя выполняет обучающую задачу. Поэтому дидактические игры представляются учащимся не простой забавой, а интересным, необычным занятием.[5]

Изменилось содержание воспитательной работы. В содержании воспитания все большую значимость приобретают не идеологические концепции, а культурная среда, создаваемая образовательными учреждениями и самими педагогами. Это повлекло за собой изменение форм и методов воспитания. Они стали более живыми, диалогичными направленными на развитие личности школьника. Меняются так же особенности управления воспитательными системами от позиции диктатора, навязывания, назидания в сторону сотрудничества, консультации, согласования. Образовательные учреждения стали все более ориентироваться на системный подход в воспитании, сделав распространенными и общепринятыми понятиями «воспитательная система», «система воспитательной работы». Педагоги пришли к убеждению, что воспитание успешно, если оно системно. Основа системы воспитательной работы – педагогическая культура работников образования.

Говоря о большом воспитательном и познавательном значении физических игр, следует указать на важную роль учителя при их организации. Прежде всего, учитель должен положить начало творческой работе учащихся. Многие игры можно разрабатывать и изготовлять на занятиях физического кружка. Для этого среди кружковцев следует объявить конкурс на лучшую игру. Каждую придуманную игру нужно проверять в действии. Здесь учитель становится не только организатором, но и участником игры. При этом он и главный авторитет, и судья во всех спорах, и обязательно активный рядовой участник игр. Учитель не отвергает замыслы учеников, не навязывает им свое мнение. Контроль и руководство учителя не должны превращаться в подавление инициативы и самостоятельности детей, иначе будет уничтожена самая суть игры, которая невозможна без свободного проявления личности учащихся. Постепенно учитель может отойти от роли ведущего, уступая ее хорошо успевающим ученикам. В таких играх завоевание победы для выигрыша — очень сильный мотив, побуждающий ученика к деятельности. Не всегда победителями игры становятся хорошо успевающие учащиеся. Часто много терпения и настойчивость проявляют в игре те ученики, у которых этого не хватает для систематического приговления уроков.

Список литературы

1. Внеклассная работа: материалы о Школе / сост.: Т. Е. Заводова, Ю. А. Лежнева. – Минск: Красико-Принт, 2006. – 172 с.
2. Педагогика / под ред. Ю. К. Бабанского. – М.: Просвещение, 1983.
3. Инновационные формы организации внеклассной работы / авт.-сост. О. В. Вербицкий, А.Р. Борисевич, В.Н. Пунчик, – Минск. – 2010.
4. Лазаренко, Н. В. Из опыта внеурочной работы по физике / Н. В. Лазаренко // Фізика: праблемы выкладання. – 1997 г.
5. Маркович, Л. Г. Внеурочное обучение физике как вариативный компонент учебной программы для старшеклассников / Л. Г. Маркович, Г. В. Пальчик, А. И. Слободянюк // Фізика: праблемы выкладання. – 2002. – № 4.

Value of out-of-class work is considered. Creation of system of additional education and education allows keeping and strengthening physical and mental health of children, steady interest to informative activity, and development of creative abilities of children. Additional education at school – means of continuous formation and formation of the person.

Научный руководитель – К. Ф. Зноско, доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии, кандидат физико-математических наук, доцент.