

УДК 082
ББК 94.3
С23

Редакционная коллегия:

Богуш Вадим Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент (председатель);
Сафонов Василий Григорьевич, доктор физико-математических наук, профессор (зам. председателя);
Захаров Александр Георгиевич, кандидат физико-математических наук (зам. председателя);
Акулич Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор;
Бакиновская Ольга Александровна, кандидат юридических наук, доцент;
Бладыко Юрий Витальевич, кандидат технических наук, доцент;
Ванкевич Елена Васильевна, доктор экономических наук, профессор;
Вольф Сергей Борисович, доктор медицинских наук, профессор;
Гусев Андрей Петрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент;
Дуктова Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Еловой Иван Александрович, доктор экономических наук, профессор;
Зуйков Игорь Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор;
Иванов Алексей Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент;
Казека Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;
Кане Марк Моисеевич, доктор технических наук, профессор;
Капранова Вера Анатольевна, доктор педагогических наук, профессор;
Картилович Татьяна Павловна, доктор филологических наук, профессор;
Комарова Ирина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент;
Крутько Эльвира Тихоновна, доктор технических наук, профессор;
Лихачевский Дмитрий Викторович, кандидат технических наук;
Луд Николай Григорьевич, доктор медицинских наук, профессор;
Матюшко Андрей Викторович (ответственный секретарь конкурса);
Мезенко Анна Михайловна, доктор филологических наук, профессор;
Мироненко Владимир Иванович, кандидат физико-математических наук, профессор;
Морозевич Ольга Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент;
Панков Дмитрий Алексеевич, доктор экономических наук, профессор;
Пашкевич Виктор Михайлович, доктор технических наук, доцент;
Позняк Сергей Степанович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
Полякова Татьяна Дмитриевна, доктор педагогических наук, профессор;
Прищепов Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент;
Прокопцова Вера Павловна, доктор искусствоведения, профессор;
Румянцева Татьяна Герардовна, доктор философских наук, профессор;
Сушков Сергей Альбертович, кандидат медицинских наук, доцент;
Федосик Виктор Анатольевич, доктор исторических наук, профессор;
Чумак Анатолий Георгиевич, доктор биологических наук, профессор;
Шадурский Виктор Геннадьевич, доктор исторических наук, профессор;
Шведовский Петр Владимирович, кандидат технических наук, профессор;
Штукин Сергей Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Сборник научных работ студентов Республики Беларусь «НИРС 2014» /
С23 редкол. : В. А. Богуш (пред.) [и др.]. — Минск : Изд. центр БГУ, 2015. — 481 с.
ISBN 978-985-553-310-9.

Сборник включает статьи лауреатов, а также авторов работ первой категории XXI Республиканского конкурса научных работ студентов 2014 года. Статьи рекомендованы к опубликованию редакционной коллегией и печатаются в виде, предоставленном авторами, без дополнительного редактирования.

УДК 082
ББК 94.3

ISBN 978-985-553-310-9

© Оформление. РУП «Издательский центр БГУ», 2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ИТОГАХ XXI РЕСПУБЛИКАНСКОГО КОНКУРСА НАУЧНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ

А. Г. ЗАХАРОВ, А. В. МАТЮШКО, Л. С. КОШЕЛЕВИЧ

В конкурсе приняли участие студенты и выпускники 58 УВО (в том числе филиалов), участвовали в конкурсе 3718 работ. Это на 99 работ меньше, чем в 2013 году. В подготовке работ приняли участие 3971 конкурсант. При этом 375 работ были поданы в соавторстве, подготовили по 2 работы – 104 конкурсанта, по 3 работы – 6 конкурсантов, по 4 подготовили два студента 6-го курса Белорусского государственного медицинского университета.

Количество выпускников, магистрантов, студентов первых–шестых курсов, принявших участие в конкурсе, представлено на рисунке 1.

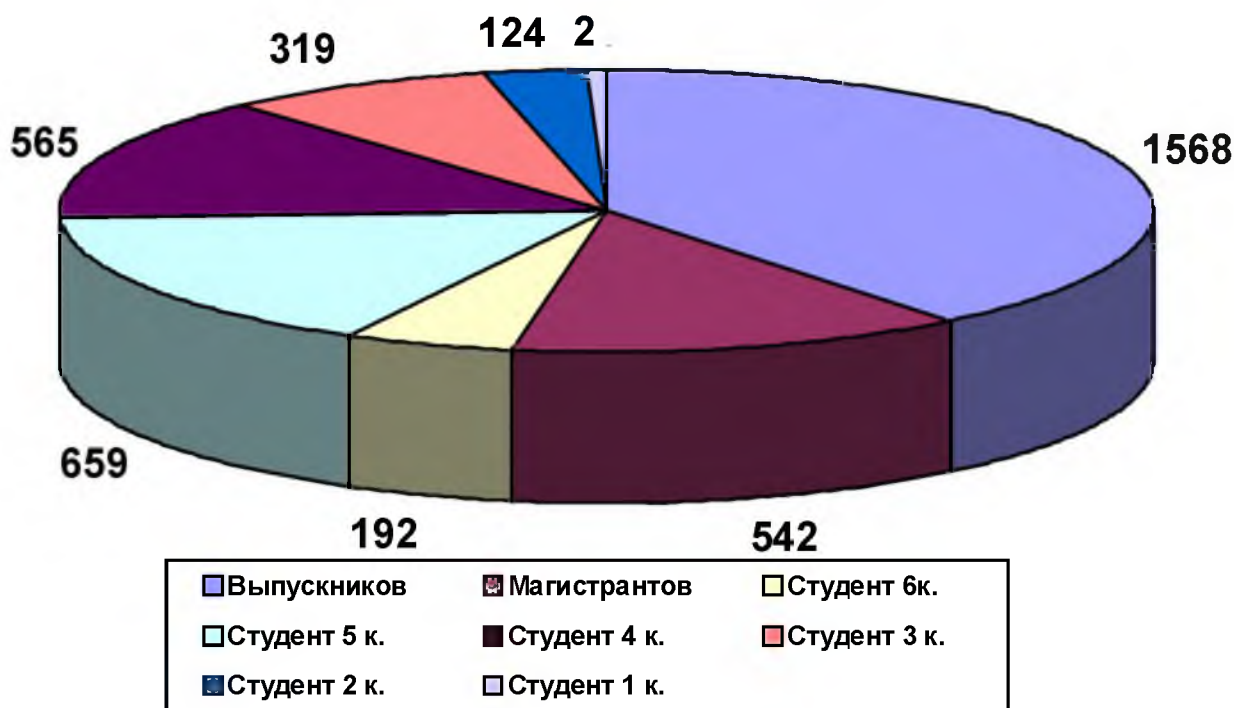


Рисунок 1 – Доли студентов разных курсов среди участников конкурса

НИРС является неотъемлемым компонентом образовательного процесса УВО. Вместе с тем НИРС является первым и чрезвычайно важным компонентом системы подготовки кадров высшей квалификации. Создание научного задела для поступления в аспирантуру и последующего успешного (с защитой диссертации в срок) ее окончания является одной из главных задач НИРС. О том, что эта задача успешно решается системой НИРС, свидетельствуют следующие данные.

Результаты конкурсных работ опубликованы, докладывались на конференциях, внедрены в учебный процесс и производство. В таблице 1 представлена динамика изменения количества публикаций конкурсантов за последние два года.

Таблица 1. – Публикации конкурсантов

Вид документа	Общее количество документов		
	2014	2013	Изменение
Статьи	6973	6332	+641
Тезисы	5635	5903	+2835
Акты внедрения в производство	1274	1410	-268
Акты внедрения в учебный процесс	3389	3438	-49
Другие документы	2073	2044	+29



Рисунок 2. – Количество докторов, кандидатов наук, а также научных работников и преподавателей без ученой степени, являющихся руководителями конкурсных работ

Качество конкурсных работ студентов в значительной степени определяется профессионализмом их научных руководителей. Количество докторов и кандидатов наук – руководителей конкурсных работ – представлено на *рисунке 2*.

Работы подготовлены под руководством 2899 сотрудников. Статистические данные по участию сотрудников УВО и других организаций в подготовке конкурсных работ представлены в *таблице 2*.

Эффективность участия в конкурсе студентов разных УВО отражена в *таблице 3*. Работы студентов 29 УВО отмечены дипломами лауреатов Министерства образования, 46 УВО – отнесены к первой категории. Можно отметить студентов и научных руководителей БГУ, подготовивших 12 работ, БНТУ, подготовивших 5 работ, ГрГМУ, БГТУ, БГМУ подготовивших по 4 работы, удостоенных звания лауреатов конкурса.

В рамках конкурса 2014 года работали 34 конкурсных комиссий в 24 УВО республики. В комиссиях работало 406 человек; значительное количество преподавателей и научных сотрудников привлекалось для рецензирования. В *таблице 4* представлено количество работ, заявленных для участия в конкурсе по различным комиссиям. Максимальное количество работ было заявлено на следующие комиссии: на комиссию «Медицина клиническая» (ГрГМУ) – 288 работ, (председатель – доктор медицинских наук, профессор Вольф Сергей Борисович); на комиссию «Экономика и управление на предприятии. Инновационный менеджмент» (БГЭУ) – 285 работ, (председатель – кандидат экономических наук, доцент Морозевич Ольга Анатольевна); на комиссию «Агрономические, зоотехнические и ветеринарные науки, экономика АПК» (БГСХА) – 257 работ, (председатель – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Дуктова Наталья Александровна); на комиссию «Юриспруденция. Политология. Государственное управление» (Академия управления при Президенте РБ) – 235 работ, (председатель – кандидат юридических наук, доцент Бакиновская Ольга Александровна).

Таблица 2. – Участие научных руководителей в подготовке конкурсных работ

Количество руководителей	2219	448	147	50	14	8	4	6	2	1
Количество работ, подготовленных научным руководителем	1	2	3	4	5	6	7	8	11	13

Таблица 3 – Количество работ, заявленных УВО для участия в конкурсе и победивших в нем

УВО	Кол-во работ	Кол-во победивших работ	Кол-во лауреатов	1 категория	2 категория	3 категория
Академия управления при Президенте Республики Беларусь	26	15	0	2	3	10
Белорусский государственный университет	257	180	12	41	67	60
Белорусский национальный технический университет	246	155	5	28	70	52
Витебский филиал Учреждения образования Федерации профсоюзов Беларуси «Международный университет «МИТСО»	12	5	0	0	3	2
Гомельский филиал Учреждения образования Федерации профсоюзов Беларуси «Международный университет «МИТСО»	17	8	0	1	1	6
государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет»	59	49	2	15	14	18
государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь	9	7	0	4	1	2
государственное учреждение образования «Институт пограничной службы Республики Беларусь»	13	11	0	1	6	4
государственное учреждение образования «Институт подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси»	4	4	0	3	1	0
государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь	21	15	0	3	9	3
учреждение образования «Академия Министерства внутренних дел Республики Беларусь»	47	27	1	5	8	13
учреждение образования «Барановичский государственный университет»	93	46	0	5	21	20
учреждение образования «Белорусская государственная академия искусств»	9	5	0	0	1	4
учреждение образования «Белорусская государственная академия музыки»	8	7	1	3	3	0
учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»	195	190	2	38	129	21
учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»	53	44	2	10	23	9
учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»	269	216	4	50	112	50
учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»	53	50	2	12	24	12
учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»	253	229	4	57	113	55
учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»	97	71	2	13	31	25
учреждение образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств»	67	39	1	8	14	16
учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»	65	46	2	11	18	15
учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»	57	49	1	5	24	19
учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»	116	77	2	11	31	33
учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации»	25	12	1	2	5	4
учреждение образования «Брестский государственный технический университет»	81	59	3	10	18	28
учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С.Пушкина»	47	37	3	5	20	9
учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»	21	20	2	2	13	3

УВО	Кол-во работ	Кол-во победивших работ	Кол-во лауреатов	1 категория	2 категория	3 категория
учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»	64	60	2	20	21	17
учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»	70	60	2	16	35	7
учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М.Машерова»	199	98	1	15	37	45
учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»	42	37	0	8	23	6
учреждение образования «Высший государственный колледж связи»	7	4	0	0	2	2
учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»	39	29	0	8	12	9
учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»	62	46	0	10	12	24
учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»	134	117	1	30	53	33
учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет»	37	37	0	9	25	3
учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»	96	86	4	34	39	9
учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»	154	128	2	29	55	42
учреждение образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»	4	2	0	1	0	1
учреждение образования «Минский государственный высший авиационный колледж»	1	1	0	1	0	0
учреждение образования «Минский государственный высший радиотехнический колледж»	3	2	0	0	0	2
учреждение образования «Минский государственный лингвистический университет»	70	69	2	17	41	9
учреждение образования «Минский университет управления»	29	18	0	2	10	6
учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А.А.Кулешова»	79	55	0	6	21	28
учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»	31	25	1	5	13	6
учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь»	3	1	0	0	1	0
учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет имени И.П.Шамякина»	20	17	1	2	4	10
учреждение образования «Полесский государственный университет»	28	13	0	3	5	5
учреждение образования «Полоцкий государственный университет»	193	163	2	38	90	33
учреждение образования «Частный институт управления и предпринимательства»	13	1	0	0	0	1
учреждение образования Федерации Профсоюзов Беларуси «Международный университет «МИТСО»	13	4	0	0	3	1
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Российский государственный социальный университет» в г. Минске Республики Беларусь	32	22	0	3	4	15
частное учреждение образования «БИП-Институт правоведения»	29	1	0	0	0	1
частное учреждение образования «Институт парламентаризма и предпринимательства»	7	1	0	0	0	1
частное учреждение образования «Институт предпринимательской деятельности»	35	9	0	0	3	6
частное учреждение образования «Институт современных знаний имени А.М.Широкова»	2	0	0	0	0	0
частное учреждение образования «Международный гуманитарно-экономический институт»	2	0	0	0	0	0

Таблица 4. – Количество работ, представленных на секциях конкурса

Название комиссии	Кол-во работ	Кол-во победивших работ	Кол-во лауреатов	1 категория	2 категория	3 категория
Агроинженерия. Основы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции	38	33	2	12	12	7
Агрономические, зоотехнические и ветеринарные науки, экономика АПК	257	251	4	48	173	26
Биология, биоэкология и биоэкологические процессы. Научные основы биотехнологических процессов, биоинженерия	55	44	2	12	17	13
Иностранный язык и литература. Методика и психология преподавания иностранных языков	125	107	2	26	59	20
Информатика и информационные технологии. Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем. Методы искусственного интеллекта	192	162	3	20	59	80
Искусство, фольклор, художественные и этнокультурные традиции Беларуси. Культурология. Дизайн	110	55	2	12	16	25
История Беларуси. Всеобщая история. Проблемы взаимодействия цивилизаций	70	22	1	6	8	7
Лесное хозяйство, технология и техника лесной и деревообрабатывающей промышленности	90	87	2	20	49	16
Математика. Методы и алгоритмы вычислительной математики математического моделирования для решения задач экономики, техники и природоведения	44	36	1	10	19	6
Машиностроение. Механика машин. Надежность и безопасность технических систем	89	61	4	16	25	16
Медицина клиническая	288	240	5	67	116	52
Медицина фундаментальная	150	124	4	40	56	24
Международные отношения. Мировая экономика. Международное право. Таможенное дело	100	46	1	6	20	19
Металлургия и технологии литья. Процессы получения и обработки материалов, материаловосберегающие технологии	42	36	1	10	15	10
Науки о Земле. Геологические структуры и экогеологические процессы. Функционирование и оптимизация геозкосистем	44	39	1	10	16	12
Педагогика, теория и методика обучения и воспитания. Социальные проблемы воспитания. Информационные технологии в образовании. Воинское обучение и воспитание	177	123	2	22	56	43
Приборостроение. Научные основы и методы неразрушающего контроля и технической диагностики	32	29	1	11	12	5
Психология, педагогическая и коррекционная психология	137	98	2	13	34	49
Радиотехника, электроника и связь. Компьютерное инженерное проектирование. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети. Специальные науки	94	86	2	19	43	22
Строительство и архитектура	134	120	3	22	46	49
Технология материалов и изделий текстильной и легкой промышленности. Товароведение промышленных товаров и сырья легкой промышленности	52	51	1	12	34	4
Технология, процессы и аппараты пищевых производств. Моделирование продуктов питания нового поколения. Товароведение и технология пищевых продуктов	22	21	2	4	12	3
Транспорт, строительство дорог и транспортных объектов	104	80	2	20	37	21
Фармацевтические науки	33	27	1	6	12	8
Физика теоретическая и экспериментальная. Физические основы создания опто-, микро- и нанoeлектронных материалов, приборов и систем	49	45	2	11	21	11
Физико-технические проблемы энергетики. Научные основы энергоснабжения и эффективного использования энергии. Нетрадиционные источники энергии	66	51	1	12	22	16
Физическая культура и спорт. Туризм	99	82	2	7	44	29
Филология, языкознание, литературоведение. Литература как отражение национально-духовного развития белорусского народа. Журналистика	115	91	2	18	37	34

Название комиссии	Кол-во работ	Кол-во победивших работ	Кол-во лауреатов	1 категория	2 категория	3 категория
Философия, социология	33	18	0	2	7	9
Химия, химическая технология и биотехнология, охрана окружающей среды. Технология полиграфических производств	135	129	4	37	62	26
Экология, экосистемы, экологическая безопасность, информационные системы и технологии в экологии	36	20	0	4	8	8
Экономика и управление на предприятии. Инновационный менеджмент.	285	146	3	23	58	62
Экономическая теория. Макроэкономика. Финансы, кредит и статистика. Бухгалтерский учет, анализ и аудит	186	120	2	31	50	37
Юриспруденция. Политология. Государственное управление	235	99	3	13	37	46

Таким образом, в конкурсе было задействовано около 8 тысяч человек (авторы работ и их научные руководители, члены конкурсных комиссий, рецензенты, администрация УВО и т.д.).

Конкурс не является неким инертным мероприятием. Оргкомитет чутко реагирует на изменяющиеся условия изменением числа и номенклатурой конкурсных комиссий, инициирует внесение изменений в инструкцию по проведению конкурса. На его заседаниях рассматриваются предложения УВО по уточнению названий секций и меры по улучшению работы конкурсных комиссий.

Происходит дальнейшее совершенствование информационно-аналитической системы конкурса, размещенной на сайте конкурса <http://www.sws.bsu.by/>, активно используются возможности этого сайта для информирования и консультаций всех заинтересованных лиц.

3 июня 2015 года в учреждении образования «Белорусский государственный экономический университет» состоялась торжественная церемония награждения лауреатов конкурса.





СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АМВД РБ – Учреждение образования «Академия Министерства внутренних дел Республики Беларусь»
АУП РБ – Академия управления при Президенте Республики Беларусь
БарГУ – Учреждение образования «Барановичский государственный университет»
БГАИ – Учреждение образования «Белорусская государственная академия искусств»
БГАМ, БДАМ – Учреждение образования «Белорусская государственная академия музыки»
БГАТУ – Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»
БГМУ – Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»
БГПУ, БДПУ – Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»
БГСХА – Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
БГТУ, БДТУ – Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»
БГУ, БДУ – Белорусский государственный университет
БГУИР – Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
БГУКиИ – Учреждение образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств»
БГУФК – Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»
БГЭУ – Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»
БелГУТ – Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»
БИП – Частное учреждение образования «БИП-Институт правоведения»
БНТУ – Белорусский национальный технический университет
БрГУ – Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»
БрГТУ – учреждение образования «Брестский государственный технический университет»
БРУ – Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет»
ВА РБ – Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
ВГАВМ – Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»
ВГМУ – Учреждение образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»
ВГТУ – Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
ВГУ, ВДУ – учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»
ГГМУ – Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»
ГГТУ – Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»
ГГУ, ГДУ – Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»
ГрГАУ – Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет»
ГрГМУ – Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»
ГрГУ, ГрДУ – Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»
ИПНК НАНБ – Государственное учреждение образования «Институт подготовки научных кадров Национальной академии наук Беларуси»
ИПС РБ – Государственное учреждение образования «Институт пограничной службы Республики Беларусь»
КИИ МЧС – Государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь
МГВРК – Учреждение образования «Минский государственный высший радиотехнический колледж»
МГЛУ – Учреждение образования «Минский государственный лингвистический университет»
МГПУ – Учреждение образования «Мозырский государственный педагогический университет»
МИУ – Учреждение образования «Минский инновационный университет»
МогГУ – Учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова»
МГУП – Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»
МГЭУ – учреждение образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»
ПГУ, ПДУ – Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»
ПолесГУ – Учреждение образования «Полесский государственный университет»
РНПЦ эпидемиологии и микробиологии – ГУ «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии»
НАН Б – Национальная академия наук Беларуси

Физика.
Математика

ОБ ОБОБЩЕНИИ ПОНЯТИЯ ФУНКЦИИ

С.В. БЕЛЯЙ, Т.М. УРБАНОВИЧ

The article describes problems the solution of which is necessary to generalize the function concept. A brief historical overview of the generalized functions theory evolution is also provided

Ключевые слова: обобщенные функции, δ -функция Дирака

Необходимость обобщения понятия функции возникает во многих технических, физических и математических задачах. Обобщенная функция дает возможность выражать в математически корректной форме такие идеализированные понятия, как плотность материальной точки, плотность точечного заряда или диполя, (пространственную) плотность простого или двойного слоя, интенсивность мгновенно действующего источника, интенсивность силы, приложенной к точке, и т. д. С другой стороны, в понятии обобщенной функции находит отражение и тот факт, что реально нельзя измерить значение физической величины в точке, а можно измерить лишь ее средние значения в достаточно малых окрестностях этой точки. Таким образом, понятие обобщенной функции учитывает эту двойственную природу измерений и потому служит адекватным аппаратом для описания распределений различных физических величин [1; 2; 3].

В нестрогой форме обобщенные функции по существу уже давно применялись физиками. В конце 20-х годов XX века П. Дирак [4] в своих квантовомеханических исследованиях впервые ввел так называемую δ -функцию, обладающую следующими свойствами: $\delta(x) = 0$ для $x \neq 0$, и если φ – любая непрерывная функция, то

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x) \varphi(x) dx = \varphi(0). \quad (1)$$

δ -функция не есть функция, понимаемая в классическом смысле, она действует как функционал, сопоставляющий по формуле (1) каждой непрерывной функции φ число $\varphi(0)$ – ее значение в нуле. Понадобилось несколько лет и усилия многих математиков, чтобы найти математически корректное определение δ -функции, ее производных и самого понятия обобщенной функции [3]. Основы математической теории обобщенных функций были заложены советским математиком С.Л. Соболевым в 1936 г. в работе [5], где он успешно применил обобщенные функции к исследованию задачи Коши для гиперболических уравнений. В послевоенные годы французский математик Л. Шварц [6], опираясь на предварительно созданную теорию линейных локально-выпуклых топологических пространств, предпринял систематическое построение теории обобщенных функций и указал ряд важных приложений этой теории. В дальнейшем теория обобщенных функций интенсивно развивалась многими математиками. Бурное развитие теории обобщенных функций стимулировалось главным образом потребностями математической и теоретической физики, в особенности теории дифференциальных уравнений и квантовой физики. В настоящее время обобщенные функции как мощный математический аппарат вошли в обиход физика, математика и инженера.

Литература

1. Бремерман, Г. Распределения, комплексные переменные и преобразования Фурье / Г. Бремерман. - М.: Мир, 1968. - 276 с.
2. Владимиров, В.С. Обобщенные функции в математической физике / В. С. Владимиров. - М.: Наука, 1979. - 318 с.
3. Владимиров, В.С. Обобщенные функции и их применение / В. С. Владимиров. - М.: Знание, 1990. - 48 с.
4. Дирак, П. Принципы квантовой механики / П. Дирак. - 2-ое изд. - М.: Наука, 1979. - 440 с.
5. Soboleff, S. Méthode nouvelle á résoudre le problème de Cauchy pour les équations linéaires hyperboliques normales / S. Soboleff // Матем.сборник. - 1936. - V. 1 (43), № 1. - С. 39-72.
6. Schwartz, L. Theorie des distributions / L. Schwartz. - Paris: Hermann. V.1 - 1950. V.2. - 1951.

ИММЕРСИОННЫЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТРОМБОЛИЗИСА

М.Д. ЕКЕЛЬЧИК, И.Э. АДЗЕРИХО

Immersion liquids increase efficiency of ultrasonic thrombolysis. They are bio neutral. Immersion liquids proposed for use with ultrasound thrombolysis in the clinic practice after some further research

Ключевые слова: ультразвуковой тромболизис, магнитные жидкости, иммерсионные жидкости

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЦЕЛЬ

Интервенционные методы являются традиционными при лечении острых ишемических состояний, развивающихся при ишемической болезни сердца, мозга и нижних конечностей. Однако применение интервенционных методов имеет ряд недостатков: низкая эффективность ангиопластики в со-

судах с интракоронарными тромбами, рестеноз, необходимость проведения экстренного коронарного шунтирования и др. [1].

Одним из наиболее перспективных направлений в области интервенционной кардиологии является внутрисосудистое использование низкочастотного высокоинтенсивного ультразвука. Результаты многочисленных работ свидетельствуют о том, что внутрисосудистое ультразвуковое (УЗ) воздействие приводит к быстрому (до 3 мин) восстановлению проходимости [1-2] коронарных и периферических артерий. Показано, что введение тромболитического препарата в малой концентрации в зону тромботической окклюзии при дополнительном проведении стентирования позволяет восстанавливать проходимость артерий до 87,9 % (относительно артерий без окклюзий) через 90 мин после внутрисосудистого воздействия УЗ в течение 3 мин (метод УЗТ). Однако было установлено, что наряду с эффективным восстановлением артериальной проходимости УЗ-воздействие оказывает негативное влияние [2] на форменные элементы крови и сосудистую стенку. В связи с этим актуальным является поиск оптимальных параметров УЗ-воздействия для уменьшения повреждения стенок сосудов и форменных элементов крови, а также использование иммерсионных сред при проведении УЗТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для химического синтеза иммерсионных жидкостей (ИЖ) с различными размерами частиц использовали взвесь частиц магнетита в различных растворах-носителях. В разных опытах варьировали размер частиц суспензии/коллоида. Выбор частиц магнетита, в первую очередь, обусловлен простотой их химического синтеза, инертностью к большинству растворов-носителей, отсутствием акустоиндуцированных химических реакций, а также их бионейтральностью [3].

В работе использована установка для акустоиндуцированного тромболизиса (РНПЦ «Кардиология»). Ультразвуковой генератор использовали в импульсном режиме со скважностью 45 до 90 %. Интенсивность ультразвукового воздействия на выходе волновода составляла 25,1 (I4) и 46,2 (I5) Вт/см².

Исследования *in vitro* проводили с использованием свежей крови, забранной путем пункции периферической вены от здоровых доноров в ГУ «Республиканский научно-практический центр гематологии и трансфузиологии».

Опыты по разрушению тромбов *in vitro* проводили в пробирках Эппендорфа (и «моделях сосудов» – пластиковых трубках) с красными тромбами. Тромбы и ИЖ помещали в пробирку, к ним проводили ультразвуковой волновод и проводили УЗ воздействие.

После УЗ воздействия сгустки взвешивали. Эффективность УЗ тромборазрушения определяли как процент убыли массы тромба (ΔM , %) рассчитываемого по формуле:

$$\Delta M = ((M_0 - M_1) / M_0) \times 100, \quad (1)$$

где M_0 – масса сгустка до УЗ воздействия; M_1 – масса сгустка после УЗ воздействия. УЗ-воздействие на сгустки крови проводили в течение 3 минут.

Для оценки бионейтральности ИЖ были проведены опыты *in vivo* на лабораторных крысах и *in vitro* на автоматическом анализаторе крови. Эксперимент *in vivo* проведен на рандомбредных белых самках. Для эксперимента выбраны активные животные с гладким, блестящим шерстным покровом, нормальной окраской видимых слизистых оболочек, охотно поедавшие корм. В день начала эксперимента проведены дополнительное обследование и взвешивание животных. Внутривенные инъекции разных типов ИЖ проводили наркотизированным животным; за 5–10 мин до введения исследуемого препарата животным вводили внутримышечно раствор фентанила 0,005 % и дроперидола 0,01 % в соотношении 2:1 в объеме 0,3 мл на 100 г массы тела животного. Затем хвост животного разогревали в теплой воде и проводили инъекцию в хвостовую вену 0,5 мл ИЖ. Эвтаназию животных проводили путем 3-х кратной разовой передозировки 3 % тиопентала натрия. Для анализов проводился забор крови и внутренних органов (сердце, печень, почки) животных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Суспензии магнетита представляют собой взвесь с широким (0,01 – 2 мкм) распределением частиц по размерам. Для выделения из нее взвесей частиц определенных размеров (в более узком диапазоне размеров\масс) был использован метод центрифугирования. Пробирку с суспензией помещали в центрифугу и подвергали центрифугированию в течение 3 минут при различных (100 – 3000 rpm) угловых скоростях. В результате, достаточно малые частицы оставались во взвешенном состоянии, а более крупные оседали на дно пробирки. Были получены взвеси с различными размерами частиц (рис. 1).

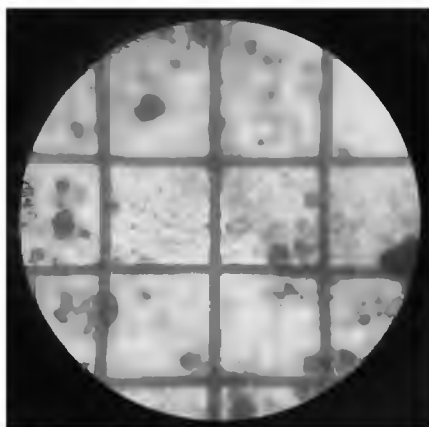


Рис. 1. Суспензия с широким распределением частиц по размерам в камере Горяева

Проведено исследование эффективности тромборазрушения с использованием иммерсионных жидкостей (магнитореологических жидкостей, МЖ) с широким спектром размеров частиц (0,2–20 мкм) с различными растворами-носителями: МЖ на основе реополиглобулина (декстрана), МЖ на основе 10 % раствора лимонной кислоты, МЖ на основе физиологического раствора (0,9 % NaCl).

Зависимость эффективности тромборазрушения от размера частиц магнетита в ИЖ представлена на рис. 2.

Отмечается рост эффективности тромборазрушения при увеличении размера частиц иммерсионных жидкостей для различных интенсивностях и скважностях УЗ воздействия. Увеличение эффективности тромборазрушения составило от 4,2 % (25,1 Вт/см²; 45 %) до 5,9 % (46,2 Вт/см²; 90 %).

Зависимость эффективности тромборазрушения от типа МЖ представлена на рис. 3.

Увеличение эффективности тромборазрушения при использовании магнитореологических жидкостей (по отношению к контрольному образцу, для разных параметров УЗ воздействия) составило: 9,3 – 27,4 % для иммерсии на основе реополиглобулина; 14,1 – 31,6 % для иммерсии на основе 10% водного раствора C₆H₈O₇; 9,8 – 42,5 % для иммерсии на основе физиологического раствора (0,9% NaCl).

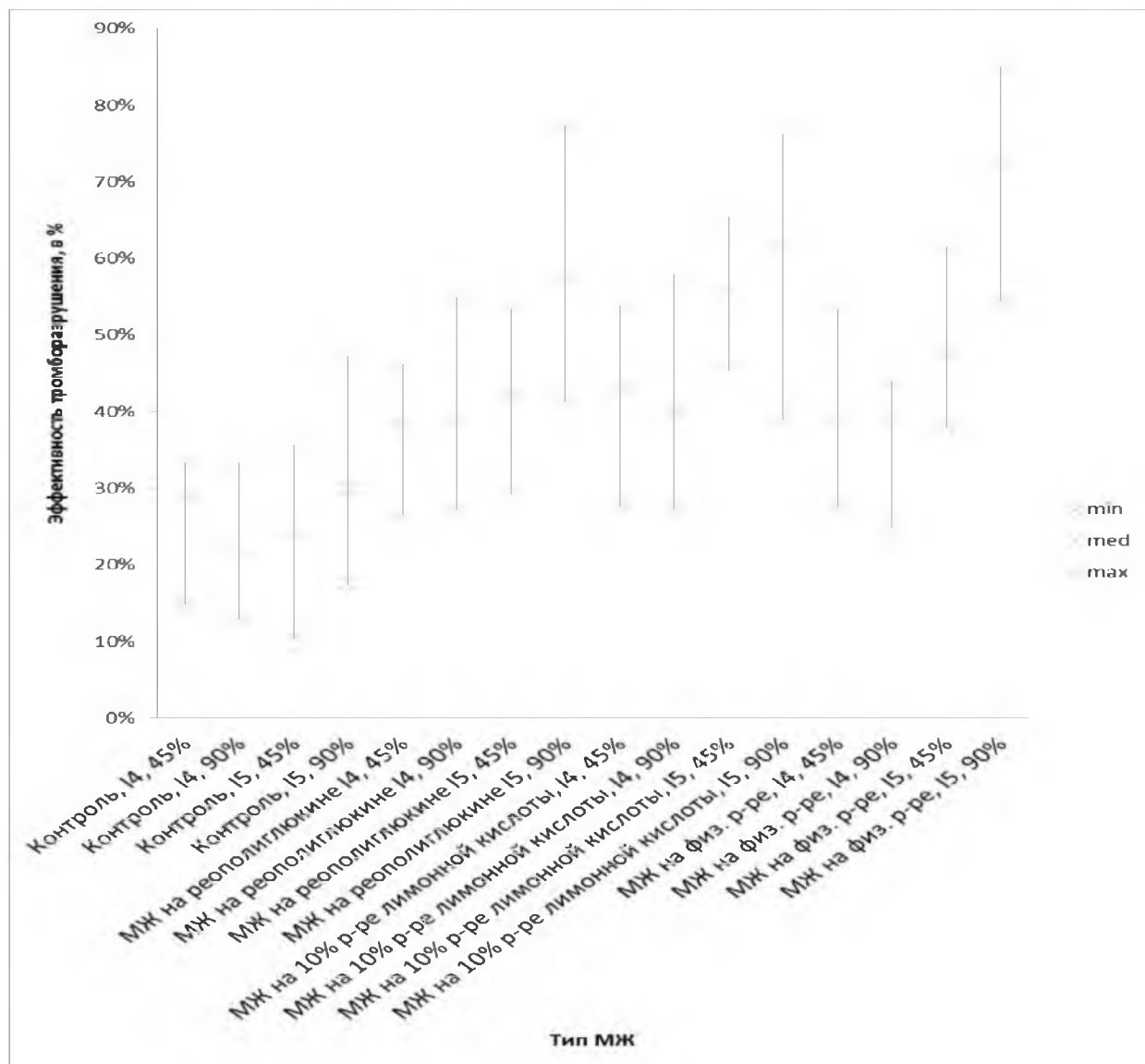


Рис. 2. Зависимость эффективности тромборазрушения от размера частиц

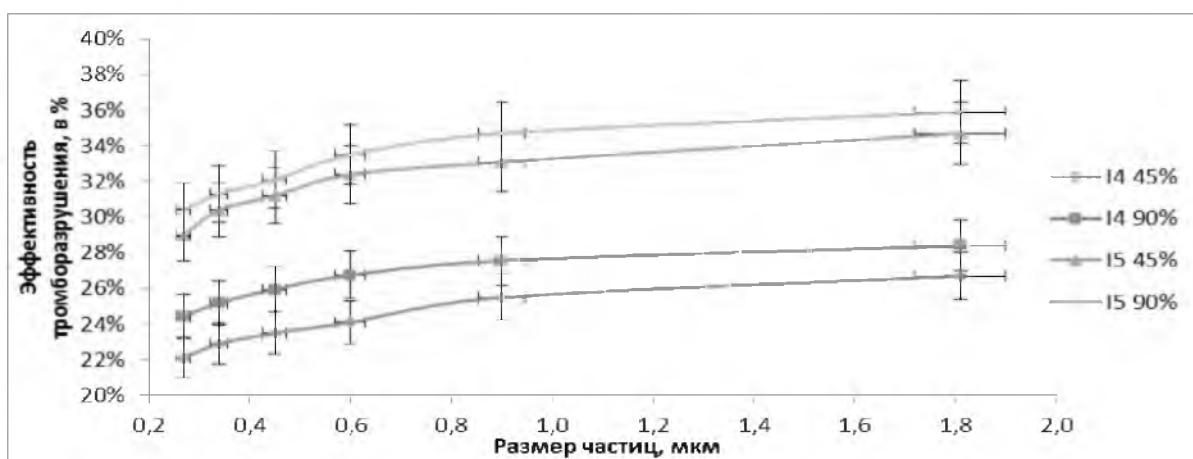


Рис. 3. Эффективность тромболитического лечения, общий график

Таблица 1. Результаты общего анализа крови автоматическим анализатором

Наименование показателей		Средние значения по группам						
		Контроль	ИЖ 1	ИЖ 2	ИЖ 3	ИЖ 4	ИЖ 5	ИЖ 6
Показатели, определяемые гематологическим анализатором								
RBC	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	6,7	7,96	7,15	7,49	7,72	6,94	7,27
MCV	Средний объем эритроцита, фл	50,2	52,6	55,9	51,7	51,0	54,2	50,1
RDW	Ширина распределения эритроцитов (коэффициент анизотропии), %	14,6	12,6	12,6	13,2	12,2	12,2	12,8
HCT	Гематокрит, %	33,5	41,9	39,8	38,7	40,64	38,61	37,54
PLT	Тромбоциты, $\times 10^9/л$	668,4	577	650	537	559,69	630,50	520,89
MPV	Средний объем тромбоцита, фл	6,8	7	7	6,8	6,8	6,8	6,6
PDW	Ширина распределения тромбоцитов, фл	8,9	9,2	9,1	9,1	8,9	8,8	8,8
PCT	Тромбокрит, %	0,44	0,4	0,45	0,37	0,39	0,44	0,36
WBC	Лейкоциты, $\times 10^9/л$	8,4	6,4	4,2	5,7	6,2	4,1	5,5
HGB	Гемоглобин, г/л	123,8	143	139	137	139	135	133
MCH	Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,4	17,9	19,5	18,3	17,4	18,9	17,8
MCHC	Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	366	341	349	355	331	339	344
СОЭ	Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	1	1	1	1	1	1	1
Микроскопия								
L	Лимфоциты, %	76	69	66	72	67	64	70
M	Моноциты, %	3,8	5	4	4	5	4	4
	Палочкоядерные нейтрофилы, %	0	2	3	2	1	2	3
	Сегментоядерные нейтрофилы, %	18	20	23	18	19	22	17
	Эозинофилы, %	2	3	3	2	3	3	2
	Базофилы, %	0	0	0	0	0	0	0

Предложена модификация метода ультразвукового тромболизиса, включающая использование иммерсионных жидкостей. Данная модификация позволяет более эффективно разрушать тромбы, что в свою очередь уменьшает повреждения стенок сосудов и форменных элементов крови. Также возможно использование магнитных свойств магнетита: перемещение и удержание магнитоореологической жидкости в зоне тромболитической окклюзии магнитом позволит избежать тромбоэмболии и упростит извлечение разрушенного тромба из сосуда. Получено 6 типов водных иммерсионных жидкостей с различными размерами частиц твердой фазы и 3 различные магнитоореологические жидкости, отличающиеся составом для различных областей применения. Иммерсионные жидкости имеют высокие показатели бионейтральности: проведены опыты *in vitro* на автоматическом анализаторе и опыты *in vivo* на лабораторных крысах. Изучена зависимость эффективности тромборазрушения от размеров частиц твердой фазы иммерсионных жидкостей: с увеличением размеров частиц увеличивается эффективность тромборазрушения (в диапазоне 0,2 – 2,0 мкм). Результаты анализов крови для различных составов иммерсионных жидкостей представлены в *таблице 1*.

Литература

1. Адзериho, И.Э. Ультразвуковой тромболизис в лечении артериального тромбоза: Дисс. д. мед. н.: 14.00.06 / И.Э. Адзериho. – Минск, 2004. – 322 л.
2. Ефимова Н.Н. Влияние ультразвука на эффективность тромборазрушения и состояние системы гемостаза при использовании волноводов различных конструкций (экспериментальное исследование). Дисс. к. мед. н.: 14.00.06. / Н.Н. Ефимова. – Минск, 2009. – 115 с.
3. Jurgons R. Drug loaded magnetic nanoparticles for cancer therapy / R. Jurgons, C. Seliger, A. Hilpert, L. Trahms, S. Odenbach, C. Alexiou // J. Phys.: Condens. Matter. – 2006. – Vol. 18.

©ПГУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕНН В ПРОГРАММЕ HFSS

И.В. КАЗАЧЁНОК, В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ

The basics of the electrodynamic simulation of the complex structures, that are used in the HFSS system, were reviewed in this article. The criteria of using of the HFSS programm and possibilities of the program, that can be used in the radio detection and location field and in the electronics field are also listed in the article

Ключевые слова: антенна, программа HFSS, анализ, электродинамика

В настоящее время большое развитие получила программа HFSS компании AnSoft, которая предназначена для анализа трехмерных СВЧ структур, в том числе, антенн и невзаимных устройств, содержащих ферриты. Наследуя лучшие возможности, реализованные в программах компаний Hewlett Parcard и Agilent, сделан значительный шаг вперед. Среди новых возможностей Ansoft HFSS можно отметить:

- систему макросов, значительно расширяющую возможности программы;
- подпрограмму анализа собственных колебаний и собственных волн;
- новые возможности визуализации результатов анализа, в частности, анимации картин поля, построение трехмерных диаграмм направленности и т.д.;
- адаптивный алгоритм решения электродинамических задач, обеспечивающий высокую эффективность моделирования сложных структур;
- возможность анализа многополюсников;
- обширные базы данных по СВЧ материалам и СВЧ компонентам;
- возможность параметрического анализа и оптимизации параметров структуры [1].

В последние 5 лет именно HFSS, в разработке которой приняли участие фирмы Hewlett Packard, Agilent и Ansoft, заняла лидирующее положение в мире проектирования СВЧ устройств. Другие программы, использующие электродинамические методы расчета – IE3D, Microwavem Office, Microwave Studio предназначены для своих классов задач. HFSS первой из коммерческих программ показала в полную силу широкие возможности электродинамического моделирования. Она также поставила на новую основу и принципы обучения такому сложному предмету, как электродинамика [2].

Электродинамическое моделирование в HFSS основано на использовании метода конечных элементов (Finite Element Method, FEM). Решение граничной задачи находится в частотной области. Использование метода конечных элементов обеспечивает высокую степень универсальности численных алгоритмов, которые оказываются весьма эффективными для широкого круга задач от анализа волноводных и полосковых структур до моделирования антенн и сложных невзаимных устройств, содержащих гиротропные среды.

HFSS вычисляет основные характеристики антенн, в том числе коэффициент усиления, трехмерные диаграммы направленности, направленность антенны, усиление, коэффициент эллиптичности и

т.д. Рассчитываются поляризационные характеристики, включая компоненты поля в сферических координатах и векторы поляризации поля [3].

HFSS позволяет с высокой точностью рассчитывать внешние параметры СВЧ многополюсников: матрицы рассеяния, матрицы импедансов и адмитансов. Это служит основой для интегрирования HFSS с другими программами проектирования реализующими, например, решение нелинейных задач. Рассчитанные S-параметры могут использоваться далее в программах анализа линейных и нелинейных схем, в частности, в программе MicrowaveOffice, SerenadeAnsoft или ADS. HFSS полностью совместим с платформой Ansoft Designer, предназначенной для сквозного проектирования радиоэлектронных систем.

Литература

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. — М.: Высш. шк., 1988. — 432 с
2. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft\
3. Никольский В.В. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ. — М, 1982 — 272 с.

©ВГУ

ИНЪЕКТОРЫ КОНЕЧНЫХ ГРУПП

О.Ю. КОЧЕРГИНА

In this article we describe $\mathcal{F}$ -injectors of finite groups for semilocal Fitting class $\mathcal{F}$ and we expand Doerk-Hawkes's result for a case of π -soluble group G , where π is a set of all simple dividers of orders of all groups from $\mathcal{F}$

Ключевые слова: класс Фиттинга, множество Фиттинга, полулокальный класс Фиттинга, $\mathcal{F}$ -инъектор, π -разрешимая группа

Основополагающим результатом теории классов конечных групп является теорема Гашюца-Фишера-Хартли [1] о том, что в любой конечной разрешимой группе для любого класса Фиттинга $\mathcal{F}$ существуют $\mathcal{F}$ -инъекторы и любые два из них сопряжены. Заметим, что при $\mathcal{F} = \mathcal{N}_p$ (класс всех p -групп), и $\mathcal{F} = \mathcal{S}_\pi$ (класс конечных разрешимых π -групп), из указанной теоремы вытекают фундаментальные теоремы Силова и Холла [2].

Объектом исследования являются инъекторы множеств Фиттинга.

Целью данной работы является нахождение новых классов сопряженных инъекторов в частично разрешимой группе и их характеристизация.

Напомним, что класс $\mathcal{F}$ называется классом Фиттинга, если он замкнут относительно нормальных подгрупп и произведений нормальных $\mathcal{F}$ -подгрупп; а подгруппа V группы G называется её $\mathcal{F}$ -инъектором, если $V \cap N$ является $\mathcal{F}$ -максимальной подгруппой группы N , для любой субнормальной подгруппы N группы G .

Теорема Гашюца-Фишера-Хартли обобщалась на случай частично разрешимых групп в работах Шеметкова, Сементовского и Баллестера-Болинше. Вместе с тем возникает задача нахождения характеристизации $\mathcal{F}$ -инъекторов в терминах радикалов групп и холловых подгрупп для групп в общем случае, не обязательно разрешимых. Данная задача в случае конечных разрешимых групп была решена Н.Т. Воробьевым и И.В. Дудкиным [3]. При решении указанной задачи важно выяснить: будет ли каждая $\mathcal{F}$ -максимальная подгруппа, содержащая $\mathcal{F}$ -радикал группы, её $\mathcal{F}$ -инъектором?

В данной работе мы используем метод локализации, который был впервые предложен Хартли. Нами доказана следующая теорема:

Теорема 1. Если $\mathcal{X}$ —полулокальный класс Фиттинга для некоторой полной $\mathcal{X}$ -постоянной H функции f с носителем π и G такая группа, что $G/G_{\mathcal{X}}$ разрешима, то подгруппа V является $\mathcal{F}$ -инъектором группы G тогда и только тогда, когда V/G_f —холлова π' -подгруппа группы G/G_f .

Определение 1 [2]. Непустое множество $\mathcal{F}$ нормальных подгрупп группы G называется множеством Фиттинга группы G , если выполняются следующие условия:

1. если T — субнормальная подгруппа группы S , принадлежащей $\mathcal{F}$, то $T \in \mathcal{F}$;
2. если $S, T \in \mathcal{F}$ и $S, T \trianglelefteq ST$, то $ST \in \mathcal{F}$;

если $S \in \mathcal{F}$ и $x \in G$, то $S^x \in \mathcal{F}$.

Каждому классу Фиттинга $\mathfrak{F}$ соответствует множество $T_{\mathfrak{F}}(G) = \{H \leq G : H \in \mathfrak{F}\}$, которое называют следом класса $\mathfrak{F}$ в группе G . Известно, $T_{\mathfrak{F}}(G)$ является множеством Фиттинга [2], однако не каждое множество Фиттинга является следом класса Фиттинга. Следовательно, понятие $\mathcal{F}$ -инъектора для множества Фиттинга обобщает понятие $\mathfrak{F}$ -инъектора для класса Фиттинга.

Теорема 2. Пусть $\mathcal{F}$ —множество Фиттинга π -разрешимой группы, где π —множество всех простых делителей порядков всех групп из $\mathcal{F}$ и $N \trianglelefteq G$, тогда

- а) множество $\mathcal{F}_{G/N} = \{SN/N: S - \mathcal{F}\text{-инъектор } SN\}$ является множеством Фиттинга группы G/N ;
 б) если V — $\mathcal{F}$ -инъектор группы G , то VN/N является $\mathcal{F}_{G/N}$ -инъектором группы G/N .

Таким образом, в отличие от теории классов Фиттинга, в теории множеств Фиттинга задача построения $\mathcal{F}$ -инъекторов факторгрупп разрешима, что позволяет применять новые методы при доказательстве теорем, связанных с описанием структуры $\mathcal{F}$ -инъекторов.

Литература

1. Fischer B. Injektor endlicher auflösbarer Gruppen/ B. Fischer, W. Gashuts, B. Hartley// Math. Z.- 1967.-Bd. 102.№5. S.337-339.
2. Doerk K., Hawkes T. Finite Soluble Groups/ K. Doerk, T. Hawkes, Berlin, 1992.- P.891.
3. Воробьев Н.Т. Метод Хартли для инъекторов // Н.Т. Воробьев, И.В. Дудкин/Учёные записки Т. I, 2002. С. 181-193.

©БГУ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГАУССОВЫХ И СИНГУЛЯРНЫХ ПУЧКОВ В РАСТВОРАХ КРАСИТЕЛЕЙ

С.А. НАЗАРОВ

The dynamic singular polarization holograms are studied in this paper. The characteristics of the total light field of the reference and signal beams are calculated. Three different combinations of the polarizations of the recording waves were investigated: orthogonal linear, orthogonal circular, signal wave has circular polarization and reference wave has linear

Ключевые слова: сингулярные пучки, оптические вихри, поляризационные решетки

Фоточувствительность ряда органических и неорганических материалов зависит от поляризации возбуждающего светового поля. В таких материалах при освещении поляризованным излучением возникает анизотропия и появляется возможность для реализации записи поляризационных голограмм [1]. Мы рассмотрели запись поляризационных динамических решеток гауссовыми и сингулярными пучками в растворе красителя родамин бж. Используя исследования, проведенные Хуангом и Вагнером в [2], были рассчитаны характеристики суммарного светового поля, образованного опорным и сигнальным пучком, см. рисунок 1. Показано, что световое поле, образованное волнами с ортогональными поляризациями, может записать голограмму в растворе красителя родамин бж.

Установлено, что состояние поляризации дифрагированной волны на исследуемых поляризационных динамических решетках зависит от состояний поляризаций считывающей и записывающих волн. В условиях записи поляризационной решетки ортогонально линейно поляризованными волнами и считывании решетки линейно поляризованной волной дифрагированная волна имеет линейную поляризацию, ортогональную считывающей волне. При записи решетки волнами с ортогональными круговыми поляризациями и считывании решетки волной с линейной поляризацией дифрагированная волна имеет круговую поляризацию. При считывании такой решетки волной с круговой поляризацией дает дифрагированную волну с ортогональной круговой поляризацией относительно считывающей волны.

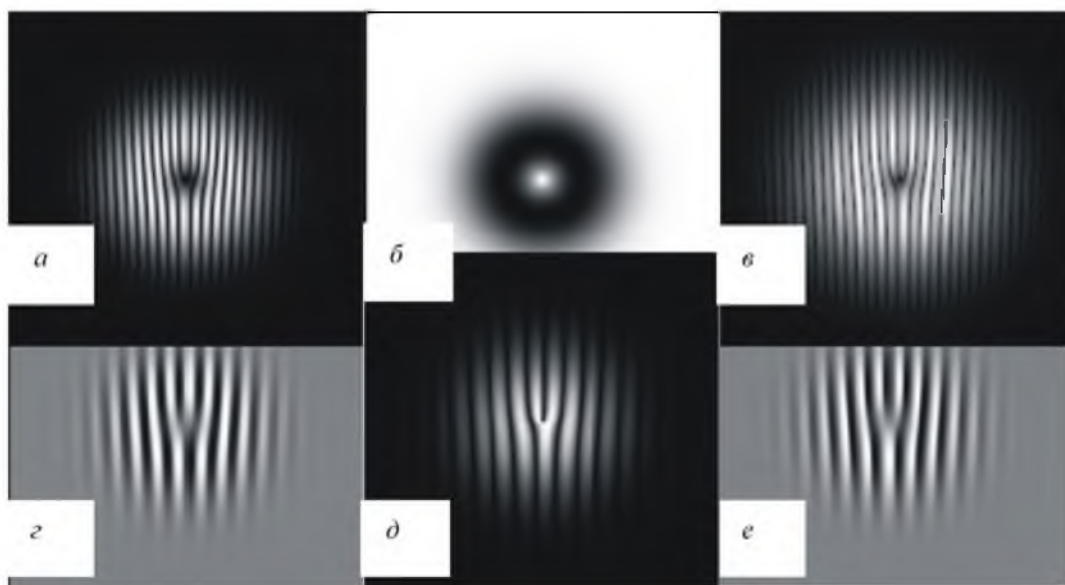


Рис. 1. Пространственное распределение отношения полуосей (а, б, в) и угла наклона (z, d, e) эллипса поляризации динамической решетки, записанной волнами с ортогональными линейными поляризациями (а, z), ортогональными круговыми поляризациями (б, d) и одной линейной и одной круговой поляризациями (в, e)

Литература

1. Kazuo Kuroda, *etc.* Theory of polarization holography // Optical review. 2011. V. 18, № 5. С. 374–382.
2. T. Huang, K.H. Wagner Coupled mode analysis of polarization volume hologram // IEEE journal of quantum electronics, 1995. V. 31, № 2. С. 372 – 390.

©БГУ

ВОЛНОВОДНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННО СТРУКТУРИРОВАННЫХ ЖК ЭЛЕМЕНТАХ

И.И. ОЛЕНСКАЯ, Е.А. МЕЛЬНИКОВА

Two technologies for creating liquid crystal (LC) elements with different topology of modulation refractive interface areas were developed and optimized. The mode of waveguide propagation of linearly polarized laser radiation in this LC cells was studied experimentally

Ключевые слова: нематический жидкий кристалл, планарная ориентация, гомеотропная ориентация, переход Фредерикса

В настоящее время области приложений нематических жидких кристаллов (НЖК) выходят далеко за рамки их традиционного использования (индикаторы, модуляторы, дисплеи). Ученые активно исследуют и развивают новые возможности их применения (солитонный режим распространения излучения, оптически управляемые ЖК волноводы и т.д.).

В настоящей работе реализованы две технологии создания в плоскости ячейки, заполненной НЖК, периодически чередующихся узких доменных областей микронных размеров с ортогональным направлением ориентации директора в смежных областях. Периодически ориентированные доменные ЖК структуры можно создавать, используя два принципиально различных метода: метод фотоориентации, метод текстурированного электрода.

Метод фотоориентации заключается в задании в плоскости элемента начальной периодической ортогональной ориентации директора ЖК на поверхности фоточувствительного полимерного слоя [1]. Принцип формирования электрически управляемых ЖК волноводов следующий: в режиме отсутствия внешнего электрического поля в тех областях ЖК слоя, где направление директора ЖК молекул совпадает с вектором поляризации входящего луча, формируется необыкновенная волна, показатель преломления для которой $n_e=1,67$. Если направление директора перпендикулярно вектору поляризации входящего луча, возбуждается обыкновенная волна $n_o=1,49$. Формирование волноводных каналов основано на реализации эффекта ПВО на границе раздела планарных ортогональных ориентаций директора. При подключении электрического поля к ЖК структуре, в результате перехода Фредерикса, промодулированная планарная ориентация заменяется однородной гомеотропной, для всей геометрии возбуждается обыкновенная волна – волноводные каналы выключаются.

Метод текстурированного электрода заключается в использовании электродов специальной формы, позволяющих при подаче на ЖК элемент внешнего управляющего напряжения сформировать в его плоскости пространственную модуляцию ориентации директора ЖК [2]. В условиях отсутствия напряжения на элементе ориентация ЖК молекул является однородной планарной и для всей геометрии возбуждается обыкновенная волна. При подаче на ячейку напряжения, в местах расположения электродов происходит переориентация молекул ЖК. Ориентация директора становится гомеотропной и для вертикальной поляризационной моды электромагнитного излучения возбуждается необыкновенная волна. В тех местах, где электрод отсутствует, и директор ЖК сохраняет первоначальную планарную ориентацию, показатель преломления определяется показателем преломления для обыкновенной волны. Формирование волноводных каналов здесь основано на реализации эффекта ПВО на границе раздела планарной и гомеотропной ориентаций директора.

Таким образом, в данной работе представлены результаты по созданию с помощью различных технологий пространственно-структурированных нематических ЖК элементов с электрически управляемой топологией ориентации директора, которые могут играть роль компонентов волоконно-оптических линий связи.

Литература

1. V. Chigrinov *et al.*, Photoalignment of LC Materials // Physics and Applications. Chichester, UK: John Wiley&Sons, Ltd.(2008)
2. O. Kabanova *et al.*, Electrically Controlled Waveguide LC Elements // Technical Physics Letters, Vol. 40, No. 7, 2014.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

К.А. ОСИПЕНКО, Н.Б.ОСИПЕНКО

The testing methodology provides the correct analysis of the data using different types of signs was described. As an example, select the task to identify the factors of human life extension

Ключевые слова: методика, апробация, корреляционный, регрессионный и дискриминантный анализы данных, разнотипные признаки

Работа посвящена описанию разработанной и апробированной на практическом примере [1] методики, обеспечивающей корректность регрессионного анализа данных при использовании разнотипных признаков. Настоящая методика позволяет решить следующие проблемы регрессионных построений: 1) неоднородность исходной выборки (за счет экспертного разбиения исходной выборки на подвыборки с использованием базовых классификационных признаков); 2) необеспеченность монотонности изменения целевого количественного показателя с ростом значений объясняющего порядкового или количественного признака (осуществляется разбиение значений такого признака на несколько градаций с использованием корреляционного анализа его связей с целевым свойством); 3) для разных интервалов изменения целевого количественного признака характерны различные механизмы участия объясняющих факторов в процессах формирования целевого свойства (решением этой проблемы является построение регрессионной модели по каждому диапазону целевого свойства); 4) имеющиеся в распоряжении исследователя признаки не полностью описывают весь механизм формирования целевого свойства (в этом случае целью моделирования является не точная оценка прогнозного показателя, а только изучение характера влияния объясняющих признаков на формирование целевого свойства).

Апробация методики осуществлялась также на примере задачи распознавания групп риска смертности людей (в первую группу вошли умершие от сердечно-сосудистых заболеваний и несчастных случаев, во вторую – умершие от онкозаболеваний и других хронических болезней) по паспортным данным. В рамках пакета «Statistica» была написана программа обучения распознаванию групп риска. Перевод даты рождения в набор числовых качественных признаков осуществлен с помощью общеизвестного алгоритма Пифагора и описан в работе [2]. Для перевода имени и фамилии в признаки для распознавания групп риска использована числовая азбука [3]. Ошибка распознавания первого рода (отнесение объекта первого класса ко второму) составила 10/55, ошибка второго рода – 1/33. Доля отказов в распознавании – 39/88. Как видим, несмотря на небольшой объем выборки, можно утверждать, что паспортные данные вполне пригодны для включения их в список признаков при экспресс-диагностике второй группы риска на первом этапе скрининга здоровья населения.

Литература

1. *Осипенко, К.А.* Пример «выращивания» регрессионной модели социального явления на базе критерия правдоподобности ее интерпретации / К.А.Осипенко, Н.Б.Осипенко, А.Н. Осипенко // Проблемы физики, математики и техники. – 2013. – №4(17). – С.85-88.
2. *Осипенко, К.А.* Метод регрессионного моделирования продолжительности жизни по дате рождения / К.А.Осипенко, Н.Б.Осипенко // Творчество молодых 2012: сборник научных работ студентов и аспирантов УО «ГТУ им. Ф. Скорины»: в 2 ч. / Гомельский гос. ун-т им. Ф.Скорины; отв. ред. О.М. Демиденко. – Гомель, 2012. – Ч. 1. – С.194-197.
3. *Хигир, Б.Ю.* Число имени / Б.Ю. Хигир. – СПб.: Астрель, 2008. – 42с.

РАСПОЗНАВАНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ПО ВЫХОДНЫМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМ

В.Ю. ПАЛУХА, Ю.С. ХАРИН

The construction of informative features for the statistical recognition of pseudorandom number generators is considered. The approach to construction of features and the descriptions of the constructed features based on entropy, ranks and determinants of matrices are given. The nonlinear feedback shift register is approximated by the Markov chain with partial connections. The parameters of Markov chain and shift register are estimated

Ключевые слова: криптографические генераторы псевдослучайных последовательностей, статистическое распознавание, информативные признаки, статистическое оценивание параметров, малопараметрические модели цепей Маркова

ВВЕДЕНИЕ

Современные средства криптографической защиты информации (СКЗИ) используют случайные и псевдослучайные последовательности $x_1, x_2, \dots \in V = \{0, 1\}$, которые должны быть близки по своим свойствам к равномерно распределённой случайной последовательности (РПС) [1]. Гипотезу о том, что выходная последовательность генератора $\{x_t\}$ является равномерно распределённой, будем обозначать $H_* = \{\{x_t\} \text{ есть РПС}\}$.

При проведении испытаний СКЗИ с целью оценки их надёжности возникает ряд задач, обозначенных в [1] как S1, S2, S3. Математической сущностью этих задач криптоанализа является статистическое распознавание генераторов случайных и псевдослучайных последовательностей, т.е. отнесение (классификация) наблюдаемой выходной последовательности генератора $x_1, x_2, \dots, x_T \in V$ некоторой длины $T < +\infty$ к одному из L ($2 \leq L < +\infty$) классов $\Omega_1, \dots, \Omega_L$. Множество классов определяется спецификой задачи. Наиболее значимым этапом решения задачи статистического распознавания является построение пространства M информативных признаков $\rho_1, \dots, \rho_M$, несущих информацию о разделимости классов $\{\Omega_i\}$.

Для полного решения описанных выше криптоаналитических задач S1, S2, S3 необходимо не только определить тип генератора, но и оценить его параметры. Зачастую задача оценивания параметров математической модели генератора является трудоемкой. При рассмотрении элементов выходной последовательности как реализаций некоторой случайной величины на вероятностном пространстве естественной является аппроксимация детерминированной математической модели генератора вероятностной моделью. В теории вероятностей аналогом генераторов псевдослучайных последовательностей являются цепи Маркова высокого порядка. Существуют различные малопараметрические модели цепей Маркова, для которых известны алгоритмы оценивания их параметров.

В данной статье описывается построение информативных признаков для распознавания криптографических генераторов, описание их вероятностных свойств, а также аппроксимация криптографических генераторов малопараметрическими марковскими моделями.

1. РАСПОЗНАВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ

1.1. Подход к построению информативных признаков

Будем предполагать, что выходная последовательность генератора $x_t \in V$ является случайной последовательностью на некотором вероятностном пространстве (Ω, F, P) . Разобьём последовательность $X = x_1, x_2, \dots, x_T$ на l фрагментов длины $s(n)$ $X_1^{(n)}, \dots, X_l^{(n)}$. Пусть наблюдается некоторая статистика $a(n) = f(X, n)$ при различных параметрах длины фрагмента $n \in [n_-, n_+]$, $1 \leq n_- < n_+$; $a_*(n) = E_{H_*} \{a(n)\}$ – математическое ожидание этой статистики при истинной гипотезе H_* . В качестве признака предлагается использовать отклонение $a(n)$ от математического ожидания в l_1 – метрике:

$$\rho = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sum_{n=n_-}^{n_+} |a(n) - a_*(n)|. \quad (1.1)$$

Чем ρ больше, тем больше свойства генератора отличаются от РПС.

Признак (1.1) можно модифицировать, взяв нормированное отклонение:

$$\rho = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sum_{n=n_-}^{n_+} \frac{|a(n) - a_*(n)|}{|a_*(n)|}. \quad (1.2)$$

1.2 Распознавание с использованием признаков на основе рангов матриц

Разбиваем наблюдаемый ряд $x_1, x_2, \dots$ на фрагменты длины $s(n) = n^2$ $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots \in V^{n^2}$: $X^{(k)} = (x_{(k-1)n^2+1}, \dots, x_{kn^2})$. Используя k -й фрагмент $X^{(k)} = (x_1^{(k)}, \dots, x_{n^2}^{(k)}) \in V^{n^2}$ выходной последовательности, построим $(n \times n)$ – матрицу

$$A^{(k)} = (a_{ij}^{(k)}) = \begin{pmatrix} x_1^{(k)} & \dots & x_n^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{(n-1)n+1}^{(k)} & \dots & x_{n^2}^{(k)} \end{pmatrix} \in V^{n \times n}. \quad (1.3)$$

Ранг этой матрицы отражает наличие функциональной зависимости в последовательности. Если $\text{rank}(A^{(k)}) = r < n$, то в матрице $A^{(k)}$ имеется $n - r$ линейно зависимых над V_n строк. Обозначим ранг матрицы (1.3) $r^{(k)} = \text{rank}(A^{(k)}) \in \{0, 1, \dots, n\}$. Пусть наблюдается l фрагментов, т.е. $T = l \cdot n^2$. Определим статистику, имеющую смысл среднего относительного ранга:

$$v(n) = \frac{1}{nl} \sum_{k=1}^l r^{(k)}. \quad (1.4)$$

Теорема 1.1. При верной гипотезе H_* математическое ожидание статистики (1.4) равно

$$E_{H_*} \{v(n)\} = v_*(n) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^n q_{nj} j, \quad (1.5)$$

где $q_{nj} = P_{H_*} \{r^{(k)} = j\} = 2^{j(2n-j)-n^2} \prod_{i=0}^{j-1} \frac{(1-2^{i-n})^2}{1-2^{i-j}}, \quad j \in \{0, 1, \dots, n\}$ [1].

На основании статистик $\{v(n) : n_- \leq n \leq n_+\}$ и их математических ожиданий (1.5) построим информативные признаки согласно (1.1):

$$\rho = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sum_{n=n_-}^{n_+} |v(n) - v_*(n)|.$$

1.3 Распознавание с использованием признаков на основе определителей матриц

Определитель матрицы позволяет учитывать зависимости между элементами матрицы. Для наблюдаемой двоичной последовательности $x_1, x_2, \dots, x_T \in V = \{0, 1\}$ вычислим следующие статистики, основанные на детерминантах ($n, T \in \mathbb{N}, T \gg n^2$):

$$\beta(1) = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} x_{t+1}^2, \quad \beta(2) = \frac{1}{l} \sum_{t=0}^{l-1} (D_t^{(2)})^2, \quad D_t^{(2)} = \begin{vmatrix} x_{4t+1} & x_{4t+2} \\ x_{4t+3} & x_{4t+4} \end{vmatrix}, \dots, \quad (1.6)$$

$$\beta(n) = \frac{1}{l} \sum_{t=0}^{l-1} (D_t^{(n)})^2, \quad D_t^{(n)} = \begin{vmatrix} x_{n^2 t+1} & x_{n^2 t+2} & \dots & x_{n^2 t+n} \\ x_{n^2 t+n+1} & x_{n^2 t+n+2} & \dots & x_{n^2 t+2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n^2 t+(n-1)n+1} & x_{n^2 t+(n-1)n+2} & \dots & x_{n^2 t+n^2} \end{vmatrix}; \quad l = \left\lceil \frac{T}{n^2} \right\rceil.$$

Теорема 1.2. При верной гипотезе H_* математическое ожидание величины $(D_t^{(n)})^2$ равно

$$E_{H_*} \{(D_t^{(n)})^2\} = \beta_*(n) = \frac{(n+1)!}{4^n}, \quad n = 2, 3, \dots, t = 1, 2, \dots \quad (1.7)$$

Заметим, что при увеличении n значение $\beta_*(n)$ из (1.7) растёт экспоненциально. Поэтому на практике удобно использовать не $\beta(n)$, а $\ln \beta(n)$. На основании статистик (1.6) и их математических ожиданий (1.7) построим информативные признаки согласно (1.2):

$$\rho = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sum_{n=n_-}^{n_+} \frac{|\ln \beta(n) - \ln \beta_*(n)|}{|\ln \beta_*(n)|}.$$

1.4 Распознавание с использованием признаков на основе энтропии

Пусть $p_{i_1, \dots, i_n} = P\{x_{t+1} = i_1, \dots, x_{t+n} = i_n\}$ – распределение вероятностей n -граммы $(x_{t+1}, \dots, x_{t+n}) \in V_n$, которое предполагается не зависящим от $t \in \mathbb{N}$. Многомерная (n -мерная) энтропия Шеннона для фрагмента длины n равна [1]:

$$h(n) = - \sum_{i_1, \dots, i_n \in V^n} p_{i_1, \dots, i_n} \ln p_{i_1, \dots, i_n}. \quad (1.8)$$

Обозначим: $i = \sum_{j=1}^n 2^{j-1} i_j$ – представление числа $i \in \{0, 1, \dots, 2^n - 1\}$ в двоичной системе счисления,

$p_i(n) = P\{\sum_{j=1}^n 2^{j-1} x_j = i\} = p_{i_1, \dots, i_n}$, $i = 0, \dots, 2^n - 1$. Пусть наблюдается l фрагментов $X^{(1)}, \dots, X^{(l)}$. По-

строим статистические оценки распределения вероятностей $\{p_i(n)\}$, $i = 0, \dots, 2^n - 1$:

$$\hat{p}_i(n) = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \delta_{\bar{X}^{(k)}, i}, \quad \bar{X}^{(k)} = \sum_{j=1}^n 2^{j-1} x_j^{(k)}, \quad \delta_{\bar{X}^{(k)}, i} = \begin{cases} 1, & \bar{X}^{(k)} = i; \\ 0, & \bar{X}^{(k)} \neq i. \end{cases}$$

Используя подстановочный принцип, построим статистическую оценку энтропии (1.8):

$$\hat{h}(n) = - \sum_{i=0}^{2^n-1} \hat{p}_i(n) \ln \hat{p}_i(n). \quad (1.9)$$

В [2] предложено использовать приращение энтропии при увеличении длины рассматриваемого фрагмента. Пусть наблюдается последовательность $x_1, \dots, x_T \in V = \{0, 1\}$. Для удобства «заиклим» последовательность до длины $T + n - 1$: $x_{T+1} = x_1, \dots, x_{T+n-1} = x_{n-1}$.

Воспользуемся оценкой энтропии (1.9). Обозначим приращение оценки энтропии

$$g(T, n) = \hat{h}(n) - \hat{h}(n-1), \quad g(T, 1) = \hat{h}(1). \quad (1.10)$$

Теорема 1.3. Если $T, n \rightarrow \infty$, $\frac{T}{2^n} \rightarrow \lambda > 0$ и верна гипотеза H_* , то $g(T, n)$ имеет асимптотически нормальное распределение с асимптотическим математическим ожиданием

$$E_{H_*} \{g(T, n)\} \sim g_*(\lambda) = e^{-\lambda} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\lambda^k \ln(k+1)}{k!} (e^{-\lambda} 2^k - 1). \quad (1.11)$$

На основании статистик (1.10) и их математических ожиданий (1.11) построим информативные признаки согласно (1.1):

$$\rho = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sum_{n=n_-}^{n_+} |g(T, n) - g_*(\lambda)|.$$

2. СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГЕНЕРАТОРОВ

Большинство криптографических генераторов является рекуррентной функцией некоторого порядка. Вероятностной моделью таких функций является цепь Маркова высокого порядка. Успешное оценивание параметров цепи Маркова, аппроксимирующей генератор, позволит оценить параметры исходного генератора. В рамках исследования произведена аппроксимация регистра сдвига с нелинейной обратной связью цепью Маркова с частичными связями. Опишем математические модели цепи Маркова и регистра сдвига, после чего их связь станет очевидной.

Пусть на вероятностном пространстве $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P})$ определена эргодическая цепь Маркова s -го порядка (ЦМ(s)) $x_t \in V = \{0, 1\}$, $t \in \mathbb{N}$:

$$P\{x_{t+1} = i_{t+1} | x_t = i_t, \dots, x_1 = i_1\} = P\{x_{t+1} = i_{t+1} | x_t = i_t, \dots, x_{t-s} = i_{t-s}\}, t > s. \quad (2.1)$$

Обозначим условное распределение вероятностей одношаговых переходов

$$p_{i_{s+1}|i_1, \dots, i_s} = P\{x_{t+s} = i_{s+1} \mid x_t = i_1, \dots, x_{t+s-1} = i_s\}, \quad \sum_{i_{s+1}} p_{i_{s+1}|i_1, \dots, i_s} = 1, \quad i_1, \dots, i_s, i_{s+1} \in V,$$

которое в силу однородности цепи Маркова не зависит от $t \in \mathbb{N}$.

Содержательный смысл Марковского условия (2.1) заключается в том, что распределение вероятностей элемента последовательности x_{t+1} зависит не от всей предыстории $x_1, \dots, x_t$, а только от s предыдущих элементов $x_{t-s+1}, \dots, x_t$. По такому принципу работает большинство криптографических генераторов.

На практике модель полносвязной цепи Маркова высокого порядка используется редко из-за экспоненциального роста числа параметров модели (2^s) с ростом порядка s . Вместо них используются малопараметрические модели. Одной из таких моделей является цепь Маркова s -го порядка с r частичными связями (ЦМ(s, r)), предложенная в 2004 г. [3]:

$$p_{i_{s+1}|i_1, \dots, i_s} = q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), i_{s+1}}, \quad i_1, \dots, i_s, i_{s+1} \in V, M = \{m(1), \dots, m(r)\}, I = \{1, \dots, s\}, M \subseteq I.$$

Вероятности одношаговых переходов $q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), i_{s+1}}, \quad i_1, \dots, i_s, i_{s+1} \in V$, образуют матрицу вероятностей одношаговых переходов Q размерности $2^r \times 2$. Суть модели ЦМ(s, r) состоит в том, что следующий элемент последовательности x_{t+1} зависит не от всех s предыдущих элементов $x_{t-s+1}, \dots, x_t$, а от некоторых $r \leq s$ элементов $x_{t-s+m_1}, \dots, x_{t-s+m_r}$. Если $r = s$, то получаем полносвязную цепь Маркова, если $r < s$, то число параметров модели сокращается до 2^r . В этом заключается преимущество малопараметрических моделей цепей Маркова.

Одними из самых простых в реализации и удобных в использовании генераторов являются регистры сдвига с функциональной обратной связью. Эти генераторы характеризуются состоянием $(y_1 y_2 \dots y_s)$ и функцией обратной связи $f(y_1, y_2, \dots, y_s)$, $y_i \in V = \{0, 1\}$, $i \in \{1, \dots, s\}$. Приведем алгоритм выработки последовательности регистром сдвига с обратной связью.

- Вход: начальное состояние $(x_1 x_2 \dots x_s)$, длина последовательности T .
- Шаг 0: $(y_1 y_2 \dots y_s) := (x_1 x_2 \dots x_s)$.
- Шаг i , $i = 1, \dots, T$:
 - $x_i := y_1$; $c := f(y_1, y_2, \dots, y_s)$.
 - Для $j = 1, \dots, s - 1$: $y_j := y_{j+1}$.
 - $y_s := c$.
- Выход: $x_1, \dots, x_T$.

Если функция f является линейной, то в этом случае генератор является регистром сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС). РСЛОС является хорошо изученным с точки зрения криптоанализа генератором. Функция обратной связи восстанавливается при помощи алгоритма Берлекэмп – Месса. Практический интерес представляют генераторы с нелинейной функцией – регистры сдвига с нелинейной обратной связью. Если функция f существенно зависит от r переменных $\{y_{m(1)}, \dots, y_{m(r)}\}$, $\{m(1), \dots, m(r)\} \subseteq \{1, \dots, s\}$, то становится очевидной аналогия модели ЦМ(s, r) и математической модели регистра сдвига с обратной связью.

В [4] предложен алгоритм статистического оценивания параметров модели ЦМ(s, r). С помощью этого алгоритма строится оценка порядка цепи Маркова $s \in [s_-, s_+]$, числа частичных связей $r \in [r_-, r_+]$, шаблона M и матрицы Q . Вычислительная сложность алгоритма оценивания M и Q при известных r и s и длине последовательности T равна $O(2^{r+1}s^{r-1} + Ts^r)$.

Оценка матрицы вероятностей одношаговых переходов Q , построенная в результате работы алгоритма оценивания параметров ЦМ(s, r), может быть использована для построения таблицы истинности булевой функции обратной связи. Она строится следующим образом. Матрица Q имеет размерность $2^r \times 2$. Каждая строка матрицы $(q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), 0} \quad q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), 1})$ содержит вероятности генерации 0 или 1 в зависимости от предыстории $i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}$. Если вероятность генерации 0 больше вероятности генерации 1, то считаем, что булева функция принимает значение 0, в противном случае значение функции полагаем равным 1:

$$f(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}) = \begin{cases} 0, & q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), 0} > q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), 1}; \\ 1, & q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), 0} \leq q_{(i_{m(1)}, \dots, i_{m(r)}), 1}. \end{cases}$$

Заметим, что если мы имеем дело с генератором без искажений, то строки матрицы будут иметь вид (0 1) либо (1 0). Это значит, что вектором значений булевой функции является второй столбец матрицы Q .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании решены следующие задачи:

1) Предложен общий подход к построению информативных признаков. Построены информативные признаки на основе энтропии, рангов и определителей матриц, вычислены математические ожидания используемых статистик. Т.к. предложенный подход не использует внутреннее строение генераторов, то построенные признаки можно применять для распознавания различных типов генераторов.

2) Предложен подход к статистическому оцениванию параметров генераторов при помощи аппроксимации их выходных последовательностей марковскими моделями. Данный подход успешно применён для оценивания параметров регистра сдвига с нелинейной обратной связью на основе цепи Маркова с частичными связями.

Литература

1. Криптология / Ю.С. Харин [и др.]. – Минск: БГУ, 2013. – 512 с.
2. Rukhin, A.L. Approximate Entropy for Testing Randomnesses / A.L. Rukhin. Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.45.6174&rep=rep1&type=pdf> Дата доступа: 17.09.2014
3. Харин, Ю.С. Цепи Маркова с r частичными связями и их статистическое оценивание / Ю.С. Харин // Доклады НАН Беларуси, 2004. – Т. 48, № 1. – С. 40–44.
4. Харин, Ю.С. Цепь Маркова s -го порядка с r частичными связями и статистические выводы о ее параметрах / Ю.С. Харин, А. И. Петлицкий // Дискретная математика. – 2007. – Т. 19. – № 2. – С. 109–130.

©ГрГУ им. Я. Купалы

СТАНДАРТНАЯ ПРОГРАММА РАСЧЕТА ЭТАЛОННЫХ РЕНТГЕНОГРАММ КРИСТАЛЛОВ

Ф.А. СИТКЕВИЧ, В.А. ЛЮПО

Any crystal structure is described in different ways: the model cell, polyhedral model. To calculate the X-ray is necessary to know the coordinates of the atom and atomic scattering amplitude. In this paper we present an algorithm for the calculation of the structure factor on the results of chemical analysis

Ключевые слова: индексы Миллера, структурная амплитуда, рентгенограмма

Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом следует начать рассматривать с рассеяния одной его элементарной ячейкой, в которой может находиться несколько атомов разных химических элементов. Каждый атом будет создавать рассеянную волну, амплитуда которой равна атомному фактору рассеяния f_j , в свою очередь зависящему от числа электронов или от порядкового номера данного атома. Очевидно, что сумма волн, рассеиваемых каждым атомом, создаст результирующую волну [1, 2].

Для расчета рентгенограммы необходимо знать координаты атома и его атомную амплитуду рассеяния f_j . Структурная амплитуда $F(h, k, l)$ рассчитывается по формуле:

$$F(h, k, l) = \sum_{j=1}^N f_j \exp 2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j),$$

где N – число атомов в ячейке, f_j – табличная величина.

Если рассматривать кристалл, у которого часть атомов его идеальной модели замещена другими атомами, то расчет $F(h, k, l)$ существенно усложняется.

В этом случае необходимо выполнить работу по следующему алгоритму:

1. На основе идеальной структурной модели разделить все атомы по различным структурным позициям.
2. Найти число атомов (A_0).
3. Распределить решётки по соответствующим структурным полиэдрам.
4. Из химического состава изучаемого образца выделить число атомов, сумма которых равна A .
5. Найти коэффициент нормировки K из условия:

$$K = \frac{A_0}{A}.$$

6. Найти нормированные концентрации всех элементов образца:

$$A_{\text{норм}} = K \cdot A,$$

$$K_{\text{норм}} = n \cdot K_{\text{эксн}}.$$

7. Рассчитать структурные амплитуды:

$$F(hkl) = \sum_i \sum_j C_i f_i(xyz)_j \exp 2\pi i (hx_j + ky_j + lz_j)$$

где C_i – концентрация i -того атома в $(xyz)_j$ – позиции.

8. Найти структурный фактор.

9. С учетом фактора (PLG) найти $I(hkl)_{\text{норм}}$.

10. Сравнить $I(hkl)$ и $I(hkl)_{\text{норм}}$ и выбрать ту, которая соответствует наименьшему значению фактора расходимости.

Литература

1. Каганов, М. И. Введение в квантовую теорию твердого тела / М. И. Каганов, В. В. Ржевский. – М.: Изд. МГУ, 1967. – 143 с.
2. Лиопо, В. А. Геометрические параметры наночастиц / Низкоразмерные системы-2. – Гродно: изд. ГрГУ, 2003. – в.3 ч. – С. 4–11.

©ГГУ

ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА БИИЗОТРОПНЫХ СРЕД И ДИЭЛЕКТРИКОВ

А.А. ШАМЫНА, В.Н. КАПШАЙ

The problems of scattering of plain circularly polarized electromagnetic waves by spherical, cylindrical layered biisotropic structures are solved. The case of a metal core in the center of the layered structure is also considered. The problem of transmission of plain electromagnetic wave through a layered planar structure is solved by the matrix method and the method of multiple reflections. The problems of second-harmonic generation by the thin nonlinear layer at spherical, cylindrical and plain boundaries between two dielectrics are solved using gNLRGD approximation

Ключевые слова: биизотропная среда, рассеяние, граница раздела, нелинейный слой, генерация второй гармоники

Для современной электродинамики перспективным направлением исследований является изучение метаматериалов, обладающих уникальными свойствами. В качестве таких свойств можно рассмотреть свойства биизотропных сред [1], описываемые уравнениями (1)

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} + (\chi - i\alpha) \vec{H}; \quad \vec{B} = \mu \vec{H} + (\chi + i\alpha) \vec{E}. \quad (1)$$

Рассмотрение граничных задач – это один из наиболее эффективных способов изучения особенностей таких сред, например свойства невзаимности.

В результате исследования получены коэффициенты прохождения и отражения при прохождении плоской электромагнитной циркулярно поляризованной волны через планарную биизотропную структуру, а также сечения рассеяния и экстинкции для плоской электромагнитной волны, падающей на сферически и цилиндрически симметричные слоистые структуры. Кроме того рассмотрены случаи рассеяния на сферической и цилиндрической металлической частице, покрытой биизотропными слоями. Полученные формулы были использованы для построения диаграмм направленности рассеянного излучения для разных параметров сред, задаваемых уравнением (1).

Одним из наиболее перспективных направлений современной оптики является изучение нелинейных эффектов. Генерация второй гармоники (ГВГ), являясь простым примером нелинейного явления, широко используется в биологии, материаловедении, на производстве [2]. К настоящему времени существует обширная литература, посвящённая ГВГ в объёме кристаллов. Однако остаётся слабо освещённой тема генерации второй гармоники тонкими слоями материалов, обладающих нелинейными свойствами.

Точное решение задачи о генерации второй гармоники тонким нелинейным слоем основано на решении линейной задачи о рассеянии электромагнитных волн на границах раздела сред. Этот путь приводит к довольно громоздким вычислениям, поэтому решение производится на основе приближения gNLRGD [3]. Этот подход применим при малых размерах частиц и близких параметрах сред частицы и окружающей среды. В таком случае нелинейная часть поляризации зависит только от напряжённости падающей волны и свойств слоя:

$$P_i^{2\omega}(\vec{x}) = \chi_{ijk}(\vec{x}) E_j^{in}(\vec{x}) E_k^{in}(\vec{x}). \quad (2)$$

Результатом исследования стали формулы, описывающие пространственное распределение генерируемого излучения, для случаев сферического, цилиндрического и плоского нелинейного слоя конечных размеров. По полученным формулам построены диаграммы направленности для всех возможных типов анизотропии.

Литература

1. Lindell, I.V. Electromagnetic Waves in Chiral and Bi-isotropic Media / I.V. Lindell, A.H. Sihvola, S.A. Tretyakov, A.J. Viitanen. – Boston and London: Artech House, 1994. – 500 p.
2. Шен, И.Р. Принципы нелинейной оптики / И. Р. Шен; пер. с англ.; под ред. С. А. Ахманова. – М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1989. – 558 с.
3. Viarbitskaya, S.A. Size dependence of second-harmonic generation at the surface of microspheres / S.A. Viarbitskaya, V.N. Kapshai, P. van der Meulen, T. Hansson // Phys. Rev. A 81. – 2010. – P. 053850.

©БрГУ

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИФЕРРОИКОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА ВИСМУТА

Д.В. ЯКИМЧУК, И.И. МАКОЕД

There was held an experimental investigation of the dependence of multiferroic magnetic properties obtained by isovalent substitution in BiFeO₃ bismuth cations by cations of rare earth elements. The correlation between the structure and magnetic properties depending on multiferroic chemical composition was established

Ключевые слова: мультиферроик, феррит висмута, магнитный гистерезис

В настоящее время одним из наиболее изученных соединений, которые сочетают в себе одновременно магнитное и электрическое упорядочение, является феррит висмута. Симметрия кристаллической решетки феррита висмута допускает существование линейного магнитоэлектрического эффекта, спонтанной намагниченности и тороидного магнитного момента. Однако в объемных образцах их наблюдение оказывается невозможным из-за наличия пространственно-модулированной спиновой структуры циклоидного типа. Разрушение спиновой циклоиды может быть вызвано несколькими причинами. Наиболее известными являются: допирование, вызывающее частичное замещение ионов висмута изовалентными катионами редкоземельных элементов; допирование, вызывающее частичное замещение ионов железа; помещение образцов в сильные магнитные поля; помещение образцов в области высокого давления; получение тонкопленочных и наноразмерных образцов, в которых существование циклоиды оказывается невозможным из-за размерного фактора.

Целью данной работы является: исследование магнитных свойств объемных и тонкопленочных мультиферроиков, синтезированных на основе феррита висмута при частичном замещении катиона висмута изовалентными катионами редкоземельных элементов.

Методом твердофазных реакций синтезированы образцы мультиферроиков R_xBi_{1-x}FeO₃ (R=La, Nd, Gd, Dy, Er; x=0.05, 0.10, 0.15, 0.20). Выполнен их элементный и рентгеноструктурный анализ, экспериментально исследованы магнитные свойства в широком температурном интервале. Установлены структурно, концентрационно и температурно обусловленные закономерности изменения магнитных свойств на основании результатов экспериментального исследования кристаллических структур, температурных зависимостей намагниченностей, петель магнитного гистерезиса и данных магнитно-силовой микроскопии.

Полученные данные указывают на то, что замещение феррита висмута редкоземельными элементами приводит к разрушению спиральной спиновой циклоиды и, как результат, к появлению слабого ферромагнетизма. Анализ полученных данных показывает, что во всех составах, за исключением феррита висмута, имеет место спонтанная намагниченность. Более высокие значения величин удельных намагниченностей наблюдаются при низкотемпературных измерениях. Увеличение количества допирующих ионов вызывает возрастание коэрцитивной силы, динамика роста которой обнаружива-

ет выраженную зависимость от их вида, концентрации и температуры. Максимального значения данная характеристика достигает в составах с 15 и 20 % содержанием катионов лантана. Меньшей величиной обладают образцы, допированные катионами неодима. В них даже при $x=0.2$ величина коэрцитивной силы не превышает 0.6 Тл, тогда как в соединениях с гадолинием и лантаном она достигает значений 0.87 Тл и 0.90 Тл соответственно. Структурно обусловленный рост данной характеристики в лантан замещенных составах происходит скачком уже при концентрации $x=0.15$, обнаруживая более чем двукратное увеличение по отношению к составу с 10 % замещением.

Эволюция магнитных свойств объемных и тонкопленочных образцов мультиферроиков, синтезированных на основе феррита висмута по-разному выражена в зависимости от вида редкоземельного элемента, замещающего катион висмута. Различие может быть объяснено разными размерами ионных радиусов, а также электронных конфигураций ионов, что сказывается как на условиях формирования кристаллической структуры, так и на типе магнитного упорядочения.

Химия.

Биология.

Науки о Земле

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРНЫХ ЭПОКСИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ И ИХ СВОЙСТВ

М.В. АГАНСКАЯ, Э.Т. КРУТЬКО

Epoxy resin composition modified by compounds containing isocyanate fragments, in recent years are of considerable scientific and practical interest. However, only some of them are widely used. Urethane fragments in the structure of polymer materials cause the improvement of the deformation-strength properties of the latter

Ключевые слова: эпоксидиановая смола, полиизоцианаты, химическая модификация, адгезия

1. МОДИФИКАЦИЯ СМОЛЫ ЭД-20 ПОЛИИЗОЦИАНАТОМ

В данной работе в качестве объекта исследования использовали промышленно производимую эпоксидную смолу марки ЭД-20. Эксперимент состоял из нескольких стадий: 1. Получение полифункционального модифицирующего агента эпоксидных смол. 2. Определение его пленкообразующей способности 3. Определение стабильности растворов олигоамидокислоты при хранении. 4. Получение пленкообразующих композитов на основе смолы ЭД-20 с разным содержанием модификатора 5. Определение адгезии покрытий. 6. Определение физико-механических свойств покрытий при разных температурных режимах.

В качестве полифункционального модифицирующего компонента применяли блокированные изоцианаты. Установлено, что при взаимодействии эпоксидной смолы с изоцианатом при повышенной температуре образуются термостойкие полиоксазолидоны. Это придает покрытию твердость, улучшает его механические и электрические характеристики, а формирующиеся наряду с полиоксазолидоном уретановые связи полимерного покрытия придают ему эластичность [1].

В качестве модификатора был выбран промышленно производимый алифатический полиизоцианат марки 2К 100. В качестве отвердителя использовали полиэтиленполиамин (ТУ 6-02-594-85). Пленкообразующие композиты получали путем введения в эпоксидиановую смолу ЭД-20 с отвердителем полиэтиленполиамин модификатора в количестве 1–5% от массы сухого остатка с последующим перемешиванием компонентов смеси до получения однородной массы. Из полученных лаковых растворов отливали пленки на металлические (медные, стальные) и стеклянные подложки. Покрытия наносили также методом пневматического распыления. Пластины, со сформированными покрытиями, перед испытаниями выдерживали в течение 7 суток при температуре 20–26°C. Оценку защитных характеристик проводили по методике [2]. Для нахождения оптимального соотношения эпоксидный олигомер-модификатор был проведен комплекс испытаний покрытий с разным содержанием модификатора.

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтезированы новые пленкообразующие композиции на основе эпоксидиановой смолы ЭД-20 и промышленно-производимого изоцианата. На их основе получены защитные покрытия с улучшенными адгезионными свойствами, повышенной ударпрочностью, влаго- и водостойкостью, а также повышенной устойчивостью в других более агрессивных средах. Определено оптимальное содержание модификатора, при котором лаковая композиция обладает более высокими деформационно-прочностными и защитными характеристиками.

Установлено, что полиизоцианатный модификатор катализирует процесс отверждения эпоксидиановых олигомеров и повышает их коррозионную стойкость к агрессивным воздействиям внешней среды. Применение предлагаемой композиции на предприятиях судостроительной и машиностроительной промышленности позволит увеличить долговечность получаемых покрытий, а, следовательно, и продолжительность эксплуатации изделий и устройств.

Литература

1. Жарин Д.Е. Влияние полиизоцианата на физико-механические свойства эпоксидных композитов // Пластические массы. 2002. № 7. С. 38–41.
2. Карякина М.И. Лабораторный практикум по испытанию лакокрасочных материалов и покрытий // Москва Химия. 1977 С. 240.

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *MONARDA L.* НА ФИЗИЧЕСКОЕ И ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

М.В. БОБРОВИЧ, Ж.Э. МАЗЕЦ

It has been shown that the electromagnetic radiation as well as chemical and biological treatment of growth regulators can be used as a cell receptor stimulator of seeds. It triggers intracellular mechanisms and activates the expression of the genome.

This leads to improved properties of sowing seeds, the intensification of the shoots growth and does not degrade the quality of medicinal raw materials. It is noted that pre-sowing chemical treatment more effectively affects the agronomic quality of the seed plants of the genus *Monarda*, than the physical treatment of the studied culture

Ключевые слова: монарда, эпин+, эмигим С, электромагнитное излучение

В настоящее время в Республике Беларусь имеется большое видовое разнообразие лекарственных и пряно-ароматических растений, многие из которых используются в медицинской практике и для пищевых целей. Пищевые и лечебные свойства данных растений обусловлены входящими в их состав биологически активными веществами, имеющими самую разнообразную химическую структуру и относящихся к различным классам химических соединений. Особенно это касается интродуцированных растений.

Объектом исследования послужили эфиромасличные лекарственные растения рода *Monarda* L.: монарда лимонная (*M. citriodora*) с. «Мона Лиза», монардагибридная (*M. hybrida*) с. «Ламбада» и монарда двойчатая (*M. didyma*) с. «Панорама». Химическая обработка семян проводилась регулятором роста эпин+ (гомобрасинолид) в разных концентрациях, далее Гб-1 ($10^{-4}\%$), Гб-2 ($10^{-6}\%$), Гб-3 ($10^{-8}\%$). Действующее вещество принадлежит к классу брасиностероидов. Биологическая обработка семян проводилась регулятором роста эмигим С (ЭмС), далее ЭмС-1 ($10^{-4}\%$), ЭмС-2 ($10^{-6}\%$), ЭмС-3 ($10^{-8}\%$), являющегося продуктом биотехнологического выращивания грибов-эпифитов из корневой системы лекарственных растений. ЭмС содержит сбалансированный комплекс фитогормонов ауксиновой, цитокининовой природы, аминокислот, углеводов, жирных кислот, микроэлементов. Электромагнитная обработка производилась в различных частотных режимах: Режим 1 (частота обработки 54–78 ГГц, время обработки 20 минут); Режим 2 (частота обработки 64–66 ГГц, время обработки 12 минут), Режим 3 (64–66 ГГц, 8 мин) и Режим 2' (64 – 66 ГГц, 10 мин) в Институте ядерных проблем БГУ. Семена проращивали в растильнях по 20 семян для каждой экспозиции и контроля в трехкратной повторности. Полученные данные были статистически обработаны с помощью программы MS Excel.

Установлено, что предпосевная обработка ЭМИ различными режимами, а также биологическое и химическое воздействие специфически влияют на агрономические качества семян растений рода *Monarda* L.: происходит увеличение энергии прорастания и всхожести по отношению к контролю под действием Р-3, Р-2', ЭмС, Гб-1, Гб-2, Гб-3, однако длина проростков практически не изменилась, а масса корней достоверно увеличивается только при обработке Р-2', Гб-2 и Гб-3. Отмечено, что предпосевная химическая обработка (эпин+) более эффективно влияет на агрономические качества семян растений рода *Monarda* (всхожесть, энергия прорастания, морфометрические параметры), чем физическая обработка исследуемой культуры. Выявлено, что под влиянием Гб-2 повышается качество лекарственного сырья из растений *Monarda didyma* L. за счет существенного увеличения уровня фенольных соединений и флавоноидов, тогда как ЭмС увеличивает только концентрацию флавоноидов по отношению к контролю на 150%. Таким образом, Р-2 можно рассматривать в технологии промышленного выращивания *M. fistulosa*, а для *M. citriodora* – предпочтительнее химическое воздействие гомобрасинолидом в двух концентрациях. Из этого следует, что под каждую культуру и ее сорт необходимо индивидуально подбирать способ воздействия и концентрацию физиологически активных веществ.

©БГТУ

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИФЕРРОИКОВ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТА ВИСМУТА

Н.В. БРУШКО, А.И. КЛЫНДЮК, Е.А. ЧИЖОВА

The ceramic samples of the ferrites $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_1-x\text{Mn}_x\text{O}_3$ ($0.0 < x \leq 0.21$) solid solutions using solid-state reactions method were prepared and their crystal structure, thermal expansion, electrical conductivity and thermo-EMF were studied. It was shown that in the samples with $0.06 \leq x \leq 0.21$ the coexistence of rhombohedrally and orthorhombically distorted perovskite phases were observed. It was found, that $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_1-x\text{Mn}_x\text{O}_3$ oxides were the p-type semiconductors which electrical conductivity values increased but thermo-EMF coefficient ones slightly changed at x increasing

Ключевые слова: мультиферроик, феррит, структура, электропроводность, термо-ЭДС

Перспективной основой для разработки мультиферроиков нового поколения, способных найти широкое применение в различных областях – от спинтроники и фотоники до медицины – является перовскитный феррит висмута BiFeO_3 [1]. Перспективным методом управления физико-химическими и функциональными свойствами феррита висмута является частичное замещение ионов висмута или ионов железа в структуре перовскитного феррита висмута BiFeO_3 . В работе проведено исследование

влияния одновременного замещения ионов висмута ионами неодима, а ионов железа ионами марганца в структуре феррита висмута на его структуру и физико-химические свойства.

В настоящей работе впервые проведен синтез твердых растворов $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$, изучены их кристаллическая структура, ИК-спектры, температурные зависимости термического расширения, электропроводности, диэлектрической проницаемости, термо-ЭДС, намагниченности и магнитной восприимчивости.

Согласно данным рентгенофазового анализа твердый раствор с $x = 0,03$ имел ромбоэдрически искаженную структуру перовскита (структура BiFeO_3), а в образцах с $0,06 \leq x \leq 0,21$ наблюдалось существование ромбоэдрической и орторомбической фаз перовскитов $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$, причем с ростом степени замещения содержание орторомбической фазы увеличивалось. Кажущаяся плотность образцов с увеличением степени замещения висмута неодимом, а железа марганцем в структуре BiFeO_3 в целом уменьшалась. Температурный коэффициент линейного расширения составил $\approx 13 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ для образцов с преобладанием ромбоэдрической фазы и $(10-11) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ – для образцов, в которых преобладала орторомбическая фаза. Оксиды $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ являлись полупроводниками p -типа, удельная электропроводность которых, измеренная на постоянном токе, при увеличении температуры от 300 до 1100 K возрастала примерно на 6 порядков от $\sigma_{300} = 9,8 \cdot 10^{-8} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ до $\sigma_{1100} = 8,6 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$ для $\text{Bi}_{0,94}\text{Nd}_{0,06}\text{Fe}_{0,94}\text{Mn}_{0,06}\text{O}_3$. Коэффициент термо-ЭДС слабо изменялся с ростом степени замещения висмута неодимом, а железа марганцем. Значения энергии активации электропроводности, определенные из линейных участков зависимостей $\ln(\sigma T) = f(1/T)$, снижались при увеличении степени замещения висмута неодимом, а железа марганцем и составляли 0,95 и 0,51 эВ для твердых растворов $\text{Bi}_{0,97}\text{Nd}_{0,03}\text{Fe}_{0,97}\text{Mn}_{0,03}\text{O}_3$ и $\text{Bi}_{0,79}\text{Nd}_{0,21}\text{Fe}_{0,79}\text{Mn}_{0,21}\text{O}_3$ соответственно. Значения энергии активации термо-ЭДС твердых растворов $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$, найденные из линейных участков зависимостей $S = f(1/T)$, слабо зависели от состава керамики и варьировались в пределах 0,07–0,08 эВ. Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ с ростом x немонотонно рос, а диэлектрическая проницаемость снижалась. Удельная намагниченность твердых растворов при низких температурах монотонно увеличивалась, а температура Нееля уменьшалась с ростом степени замещения висмута неодимом, а железа марганцем. В парамагнитной области, т.е. при температурах выше температуры Нееля, зависимость магнитной восприимчивости от температуры для твердых растворов $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ подчинялась закону Кюри – Вейсса.

Литература

1. Пятаков А.П., Звездин А.К. Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики // Успехи физических наук. 2012. Т.182. № 6. С. 593–620.

© ВГУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСТАВСКОГО РАЙОНА ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Ю. БУЙЧЕНОК, И.А. КРАСОВСКАЯ

Geographic information systems (GIS). GIS-technology. GIS-data conversion. tourist activity, especially protected natural territories of local importance

Ключевые слова. Геоинформационные системы (ГИС), ГИС-технологии, конвертация данных ГИС, туристская деятельность, особо охраняемые природные территории местного значения

Туристская деятельность является одним из наиболее перспективных и динамичных направлений социально-экономического развития Республики Беларусь. Ежегодно происходит увеличение числа туристов, вводятся в строй новые туристические объекты и появляются новые туристические маршруты. Витебская область имеет уникальную природу, которая сформировалась после отступления Поозерского ледника и сохранилась до наших времен. Необычные ландшафты, многообразие болот, удивительный растительный мир и многое другое можно наблюдать как следствие пребывания ледниковой эпохи на территории нашей республики. Однако, при всем обилии и разнообразии существует проблема в доступности информации о таких объектах, их местонахождении, а в целом – проблема единой интерактивной базы туристических данных.

Целью настоящей работы послужило изучение возможностей современных ГИС-технологий для организации туристской деятельности. Объектом послужили возможности программного обеспечения ArcGis 10, предметом – процесс создания геоинформационной системы, включающей как физико-географическую основу, так и информацию о заказниках и памятниках природы местного значения Поставского района. Реализация поставленной цели потребовала разработки методики конвертации данных ГИС; создания ГИС Поставского района; изучения возможностей использования ГИС в организации туристской деятельности на примере ООПТ местного значения. Поставленные задачи

решались с использованием методов полевых и камеральных геолого-геоморфологических исследований и методов автоматизированного ГИС-картографирования.

Созданная в процессе исследований ГИС Поставского района носит информационно-справочный характер, и поэтому ее ресурсы и возможности могут быть использованы по нескольким направлениям. Прежде всего, созданная ГИС дает возможность непосредственного получения информации по ООПТ для наблюдения объектов в естественных условиях. Это может быть интересным для туристических организаций, общеобразовательных учреждений и краеведческих кружков, особенно для демонстрации ледниковой деятельности и ледниковых образований.

На основании предлагаемой ГИС также может быть разработан целый ряд туристских и экологических маршрутов, учитывая временные, пространственные требования, целевые и возрастные ограничения.

Посетители Поставского района могут использовать справочные возможности созданной системы для более детального изучения территории пребывания, а также предварительного ознакомления с интересными объектами. Наконец, созданная ГИС может быть использована различными учреждениями и организациями в своей профессиональной деятельности. Например, для иллюстрации современного состояния ООПТ, контроля за их состоянием и принятия управленческих решений; для рекламной деятельности и популяризации природных особенностей Поставского района; привлечения любителей туризма.

С целью привлечения внимания широкого круга пользователей к настоящей ГИС нами было создано веб-приложение в среде ArcGis-online, которое включает информацию о заказниках и памятниках природы местного значения Поставского района, и которое при необходимости можно редактировать и публиковать отдельной страницей от ArcGis-online.

©БГТУ

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ПРЕПАРАТОВ ZETESOL ZN И ZETESOL MG, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.А. ГЕРАСИМОВИЧ, Т.В. ХАРЛАН, Г.Г. ЭМЕЛЛО, Ж.В. БОНДАРЕНКО

The surface-active, colloidal, optical and electrical properties of ZETESOL Mg and ZETESOL Zn specimens water solutions were studied

Ключевые слова: препарат ПАВ, поверхностно-активные свойства, адсорбция, мицеллообразование, оптические и электрические свойства

Препараты ZETESOL ZN и ZETESOL MG являются типичными представителями анионных поверхностно-активных веществ (производство – Германия). Они применяются на предприятиях Республики Беларусь при получении различных косметических средств и выполняют функцию эмульгаторов, стабилизаторов, пенообразователей и др. Поверхностно-активным ингредиентом препарата ZETESOL ZN является лаурет сульфат цинка ($[\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{O}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3-\text{SO}_3]_2\text{Zn}$), а препарата ZETESOL MG – лаурет сульфат магния ($[\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{O}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3-\text{SO}_3]_2\text{Mg}$). Препараты не являются чистыми веществами, они содержат различные примеси (сульфаты металлов, лаурет-3, феноксиэтанол и вода). Целью данной работы явилось изучение свойств водных растворов препаратов группы ZETESOL. Анализ технической и научной литературы показал, что такие исследования не проводились.

Изучена адсорбция ZETESOL ZN и ZETESOL MG на границе раздела «водный раствор препарата–газ» при температуре 22 °С: сталагмометрическим методом получены изотермы поверхностного натяжения; определена поверхностная активность препаратов; рассчитаны величины предельной адсорбции по Лэнгмюру; определена площадь, которую занимает молекула каждого ПАВ в поверхностном слое раствора. Установлено, что поверхностно-активные свойства двух препаратов близки. Это закономерно, т.к. они определяются свойствами поверхностно-активного аниона $\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{O}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3-\text{SO}_3^-$. Незначительные отличия связаны с примесями, присутствующими в препаратах, которые влияют на адсорбционные процессы.

Исследованы оптические свойства водных растворов препаратов ZETESOL ZN и ZETESOL MG с концентрациями 0,01–20,0 г/л. Определено, что способность к преломлению света в исследуемых растворах препаратов близка, а рассеяние света протекает более интенсивно в растворах препарата ZETESOL MG, чем препарата ZETESOL ZN. В коллоидных растворах препаратов одинаковой концентрации значения оптической плотности выше при использовании ZETESOL MG, что говорит о более эффективном мицеллообразовании (размер мицелл и их количество больше). По-нашему мнению, это связано с более высоким содержанием лаурета-3: молекулы спирта, адсорбируясь на поверхности мицелл, уменьшают силы электростатического отталкивания между отрицательно заря-

женными мицеллами, что способствует процессу агрегирования. Аналогично ведет себя и фенокси-этанол, присутствующий в препарате ZETESOL MG в незначительном количестве (0,15%). Рассчитанные значения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) в водных растворах препаратов ПАВ оказались близкими и составили $\approx 1,0$ г/л.

Изучены электрические свойства водных растворов препаратов ZETESOL ZN и ZETESOL MG с концентрациями 0,01–20,0 г/л. Определено, что в истинных растворах ПАВ с увеличением концентрации удельная электропроводность растет незначительно и находится в интервале 13–122 мкСм/м при использовании препарата ZETESOL MG и в интервале 4–18 мкСм/м для ZETESOL ZN. После достижения ККМ электропроводность растворов возрастает более существенно в растворах препарата ZETESOL MG, чем в растворах препарата ZETESOL ZN, что связано с количественным содержанием примесей сульфатов металлов.

Сравнительный анализ экспериментальных данных позволил сделать вывод, что данные препараты могут выполнять функцию пенообразователей и стабилизаторов пен, поэтому считаем целесообразным продолжить исследования в направлении изучения способности препаратов к пенообразованию и свойств пен, полученных с их использованием.

©БГУ

ВЛИЯНИЕ ТИПА И КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕВОДА В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА РОСТОВУЮ АКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ САПОНИНОВ В КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУРАХ ПАЖИТНИКА ГРЕЧЕСКОГО

Д.Ю. ГЛУШАКОВА, А.О. ЛОГВИНА

The article presents characterization of cell growth and accumulation of saponins in the leaf and stem calli of fenugreek. It was found that the growth activity, cell morphology, and total content of saponins in the callus cultures of fenugreek depended on the type and concentration of carbohydrates in the nutrient medium. Highest activity of cell growth and accumulation of saponins for the leaf callus were found for nutrient media comprising 4% sucrose. For the stem callus the use of nutrient media with 6% glucose and 4% sucrose was most effective

Ключевые слова: *Trigonella foenum-graecum*, пажитник греческий, каллусная культура, питательная среда, углеводы, скорость роста, морфология клеток, содержание сапонинов

1. ВВЕДЕНИЕ

Пажитник греческий (*Trigonella foenum-graecum* L.) является богатым источником многих биологически активных веществ, в том числе сапонинов [1]. Альтернативным источником получения данных метаболитов может стать культура клеток *in vitro*. Но для того чтобы использование клеточных культур в производстве лекарственных препаратов было экономически оправданным, они должны одновременно характеризоваться высокой продуктивностью по биомассе и синтезируемым целевым соединениям [3]. Одним из эффективных путей регуляции данных параметров является варьирование состава питательной среды, в частности по источнику углерода [2]. В связи с этим целью данной работы было изучение влияния типа используемых углеводных компонентов и их концентрации в питательной среде на активность ростовых процессов, морфологические особенности и уровень накопления сапонинов каллусными культурами пажитника греческого.

Исследование включало тестирование сред, дополненных глюкозой, галактозой, мальтозой, лактозой, раффинозой, инулином и крахмалом с массовой долей 2, 4 и 6 %. Контролем служила питательная среда, содержащая 4% сахарозы.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенной работы установлено, что высокой активности роста каллусных культур пажитника греческого можно добиться внесением в состав среды моносахаридов глюкозы и галактозы, либо таких олигосахаридов, как сахарозы и раффинозы. Исследуемые каллусы наиболее эффективно накапливают сапонины на средах, содержащих моносахарид глюкозу, олигосахарид лактозу и полисахарид инулин. Причем высокое содержание сапонинов характерно в основном для опытных вариантов питательных сред, где ростовые показатели оказывались низкими. Независимо от типа экзогенного углевода, при высоких ростовых показателях каллусные культуры пажитника греческого преимущественно состоят из клеток правильной округлой формы средних размеров, тогда как угнетение роста сопровождается изменением клеточной морфологии, в частности появлением большого числа мелких клеток червеобразной и неправильной формы. Для одновременной интенсификации ростовой активности и уровня накопления сапонинов для стеблевого каллуса пажитника греческого целесообразно дополнять питательную среду 6% глюкозы и 4% сахарозы, тогда, как для листового

каллуса наиболее высокие показатели роста и суммарного содержания сапонинов наблюдаются в присутствии 4% сахарозы.

Литература

1. Barnes J., Anderson L.A., Philipson J.D. Herbal medicines. 3rd ed. London, 2007.
2. Endreß R. Plant Cell Biotechnology. – Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 1994. – 353 p.
3. Nadkarni A.K. Indian Materia Medica // Popular Prakashan pvt. Ltd., Bombay. – 1982. – P. 1240 – 1243.

©ГрГУ

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ В БИОЦЕНОЗАХ РАЗНОГО ТИПА

Е.И. ГЛЯКОВСКАЯ, А.В. РЫЖАЯ

During the field season 2012 – 2013 in the vicinity of the first in Porozovo (Svisloch district, Grodno region) found representatives of 13 families of Coleoptera soil: Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Dermestidae, Elateridae, Histeridae, Hydrophilidae, Lucanidae, Nitidulidae, Silphidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Tenebrionidae. Family Carabidae is dominated by the number of instances, species and genres

Ключевые слова: абсолютно постоянный вид, пищевая специализация

Значение почвенных жесткокрылых – важных компонентов в наземных экосистемах – общеизвестно. Они занимают ведущее место по зоомассе в составе ценоза, существенно влияя на процессы почвообразования, биологическую активность почвы [1, с. 15]. За период с июня по август 2012 года и с мая по октябрь 2013 года собрано 1180 экземпляров почвенных жесткокрылых, относящихся к 13 семействам, 100 видам из 52 родов.

Самое богатое в родовом и видовом отношении семейство Carabidae за полевой сезон 2012 года представлено 40 видами из 14 родов, а за полевой сезон 2013 – 44 видами из 15 родов. Наибольшее число видов по таким семействам как Elateridae, Tenebrionidae и Staphylinidae собрано за полевой сезон 2013 года [2]. А вот между числом видов и видовым составом семейств Chrysomelidae, Dermestidae, Histeridae, Lucanidae, Nitidulidae и Silphidae, собранных за два полевых сезона, нет различий. Лишь семейство Scarabaeidae в сборах 2012 года представлено 4 видами, а в сборах 2013 года – 3 видами [2]. Виды и рода семейства Curculionidae за полевой сезон 2012 года отмечены не были.

При анализе индекса постоянства на протяжении двух полевых сезонов нами выявлен абсолютно постоянный вид *Harpalus (Pseudophonus) rufipes* (Motschulsky, 1844:196). Относительно постоянными оказались 4 и 2 вида в 2012 и 2013 годах, соответственно. Добавочных видов в сборах 2012 года оказалось 8, а в сборах 2013 – 14. Случайных видов отмечено 50 и 63 в 2012 и 2013 годах, соответственно [2, с.74]. Согласно пищевой специализации, почвенные жесткокрылые в исследованных биотопах относятся, главным образом, к зоофагам (такие как *Broscus cephalotes*, *Staphylinus olens*, *Nicrophorus vespillo*). В меньшей степени жуки относятся к миксофитофагам (*Agrypnus murinus*, *Amara aenea*, *Amara fulva*) и фитофагам (*Amara familiaris*, *Selatosomus aeneus*, *Galeruca tanacetii*). На исследованной территории выявлено по 6 видов, относящихся к некрофагам и сапрофагам.

В районе исследования Р–1 (сосновый лес) присутствуют только зоофаги, фитофаги и миксофитофаги. В то время как в биотопах Р–2 (пойменный луг) и Р–3 (полиагроценоз) отмечены представители всех пяти трофических групп. Только здесь выявлены сапрофаги, питающиеся разлагающимися остатками растений и животных. Возможно, это связано со значительным количеством пищевых ресурсов в данных биотопах. Некрофаги отмечены в Р–2 (пойменный луг), Р–3 (полиагроценоз) и Р–4 (пустырь).

Наибольшее количество видов обнаружено в Р–3 (полиагроценоз) (28%), наименьшее – в Р–1 (сосновый лес) (23%). Количество видов в Р–2 (пойменный луг) и Р–4 (пустырь) отличается незначительно и составляет 25% и 24% видов, соответственно [2, с. 75]. Возможно, это связано с тем, что на пустыре наблюдается довольно стремительная сукцессия, что подтверждается наличием новых видов в 2013 году по сравнению с 2012 годом.

Литература

1. Александрович, О.Р. Фауна и экология жесткокрылых Белоруссии / О.Р. Александрович. – Минск, 1989. – 289 с.
2. Гляковская, Е. И. Структурная организация сообществ герпетобионтных жесткокрылых (Свислочьский район, Гродненская область Беларусь) / Е. И. Гляковская, А. В. Рыжая // Биоразнообразие и устойчивость живых систем: материалы XIII Междунар. науч. – практ. эколог. конф. (Белгород, 6– 11 октября 2014 г.) / НИУ БелГУ; редкол.: А. В. Присный (гл. ред.) [и др.]. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2014. – С. 74–75.

ДИНАМИКА ТРАНСФОРМАЦИЙ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА В ХОДЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА МИНСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

О.С. ДУБОВИК, Р.М. МАРКЕВИЧ

The dynamic of transformations of nitrogen and phosphorus compounds in the biological treatment process of wastewater in the classic plug flow aeration tank was studied. The study was conducted in the presence of regeneration activated sludge and in the absence of regeneration. Conclusion about the causes of variations in the removal efficiency of nitrogen and phosphorus and the most favorable conditions for the biological removal of nitrogen and phosphorus compounds was made. Processes, occurring in the regenerator and the impact of these processes on the further treatment of wastewater were established

Ключевые слова: иловая смесь, регенерация, нитрификация, денитрификация, дефосфотация

Проведены исследования, в ходе которых изучалось изменение содержания азота аммонийного и нитратного и фосфора фосфатного по коридорам секций аэротенков-вытеснителей (с регенерацией и без регенерации активного ила) Минской очистной станции.

Установлено, что удаление из сточных вод фосфора фосфатного происходит в течение первых двух часов контакта иловой смеси и сточных вод. Поскольку при биологической очистке сточных вод наблюдается распределение фосфора между илом и водой, резкое снижение концентрации фосфора при смешивании осветленных сточных вод и активного ила обусловлено его аккумулярованием на хлопках активного ила (процесс сорбции). При дальнейшем контакте осветленных сточных вод и активного ила, фосфаты используются микроорганизмами активного ила для синтеза фосфорсодержащих компонентов клеток либо запасаются в виде полифосфатов. Степень изъятия фосфора фосфатного из сточных вод составляет: для секции №1 – 97–100%, секции №4 – 94%, секции №7 – 98–100%.

Снижение содержания азота аммонийного происходит вследствие нитрификации, а также использования микроорганизмами на собственные нужды (удаление азота аммонийного достигает 95–99%). Денитрификация протекает в незначительной степени, поскольку в классическом аэротенке специально не создаются условия для денитрификации.

Несмотря на разную динамику удаления азота аммонийного в секциях аэротенков №1, 4 и 7, достигается удовлетворительная степень очистки сточных вод. Удаление азота аммонийного хуже всего проходит в седьмой секции (74–79%), в то время как в секциях №1 и 4 степень очистки по азоту аммонийному составляет 87–99%. Различия в удалении азота аммонийного по секциям аэротенков связаны с разницей нагрузок по секциям (гидравлические нагрузки, нагрузки по азоту аммонийному, фосфору фосфатному, взвешенным веществам). Кроме того, в вышеуказанных секциях существенно различается срок эксплуатации систем аэрации. В частности, нагрузки по взвешенным веществам составляли: секция №1 – 243–819 мг/дм³, секция №4 – 150–206 мг/дм³, секция №7 – 85–180 мг/дм³, концентрация фосфора фосфатного в сточных водах, поступающих в секцию №1 находилась на уровне 8–16 мг/дм³, в то время как для четвертой и седьмой секций – 4–6 мг/дм³.

При функционировании секции аэротенка с регенерацией активного ила потребление азота аммонийного активным илом начиналось сразу же после его смешивания с осветленными сточными водами в начале второго коридора на прирост биомассы, а в третьем коридоре интенсивно протекала нитрификация. В том случае, когда ил не подвергался регенерации, интенсивная нитрификация начиналась только спустя 3 ч контакта циркуляционного ила и осветленных сточных вод. До этого, в первом и втором коридорах, содержание азота аммонийного даже несколько возрастало, что могло быть следствием частичного разрушения клеток, аммонификации и доокисления трудноокисляемых соединений. Изъятие фосфора из сточных вод происходит менее стабильно и более длительно, если сорбционная способность активного ила не восстановлена (т.е. регенерация активного ила отсутствует).

Таким образом, регенерация активного ила способствует стабилизации и ускорению потребления азота аммонийного и фосфора фосфатного активным илом.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРЕПАРАТА COMPERLAN KD

И.В. ИВИНСКАЯ, Г.Г. ЭМЕЛЛО, Ж.В. БОНДАРЕНКО

Foam forming ability and foam stability kinetics for water solutions of technical specimen COMPERLAN KD were studied

Ключевые слова: препарат ПАВ, пенообразующая способность, кинетика устойчивости пен, плотность и кратность пен

Базовым ингредиентом гигиенических моющих средств (ГМС) является поверхностно-активное вещество (ПАВ) или их смесь. Поверхностно-активные вещества обеспечивают пенообразующие свойства косметической продукции, а также устойчивость пен в процессе эксплуатации средства. Однако для многих препаратов ПАВ, применяемых в Республике Беларусь в составе ГМС, не проводились исследования в этом направлении.

Целью данной работы явилось изучение закономерностей пенообразования в водных растворах препарата COMPERLAN KD. Препарат COMPERLAN KD – диэтаноламиды жирных кислот кокосового масла – представляет собой смесь неионогенных поверхностно-активных веществ. Пены получали в приборе Росс-Майлса при температуре 22°C по стандартной методике. Концентрацию раствора варьировали от 0,01 до 20,00 г/л.

Установлено, что пенообразующая способность препарата находится на уровне других неионогенных ПАВ, но ниже, чем у анионных. В области изученных концентраций пенное число не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к пенам для ванн и гелям для душа (не менее 145 мм); в области концентраций 10–20 г/л соответствует требованиям, предъявляемым к шампуням (более 100 мм). Стабильность пены зависит от способности молекул неионогенного ПАВ концентрироваться на границе раздела «раствор ПАВ–воздух». Поэтому была изучена его адсорбционная способность и установлено, что показатель устойчивости пен, равный 80% и более (требуемое значение для гигиенических моющих средств) достигается тогда, когда на площади 1м² образованного мономолекулярного поверхностного слоя концентрируется не менее $3,8 \cdot 10^{-6}$ моль поверхностно-активного вещества. При концентрациях раствора от 0,05 г/л и выше полученные пены являются высокоустойчивыми, т.е. ПАВ является эффективным стабилизатором. Показана связь пенообразования с поверхностно-активными и коллоидно-химическими свойствами водных растворов препарата ПАВ.

Исследованы плотность и кратность пен, полученных из водных растворов препарата COMPERLAN KD. Установлено, что с увеличением концентрации раствора от 0,01 до 20,00 г/л кратность пен возрастает от 4,0 до 15,8, т.е. все полученные пены являются низкократными. Характер зависимости плотности пен от концентрации противоположный: плотность пен уменьшается в 4 раза (от 0,25 до 0,05). В области концентраций, близких к ККМ, на графиках наблюдаются участки, параллельные оси абсцисс, которым соответствует значение кратности пены, равное 10, и значение плотности, равное 0,1. Последнее может быть связано с переформированием адсорбционных слоев, в которых кроме молекул ПАВ появляются мицеллы. С практической точки зрения по кратности и по плотности полученные пены удовлетворяют требованиям, предъявляемым к гигиеническим моющим средствам.

Изучение кинетики самопроизвольного разрушения пен в течение 5 мин показало, что их дегазация происходит в первые 1,5 мин. При этом скорость разрушения пен в истинных растворах невысока, в то время как в коллоидных растворах она более значительна. В области концентраций 0,001–1,00 г/л потеря устойчивости пен не связана с истечением жидкости из них. При дальнейшем увеличении содержания ПАВ в растворе имеет место синерезис, эффективность которого проявляется в большей степени с ростом концентрации раствора препарата ПАВ.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в области концентраций 10–20 г/л препарат COMPERLAN KD удовлетворяет требованиям, предъявляемым к шампуням по всем исследованным показателям. В составе других гигиенических моющих средств (например, пен для ванн и гелей для душа) целесообразно использовать его совместно с анионным поверхностно-активным веществом (со-ПАВ).

©БГУ

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ГИС ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОЗЕРНЫХ ГЕОСИСТЕМ

В.С. КАРПУШЕНКО, Б.П. ВЛАСОВ

The specialized GIS "Geoecological estimation of natural-resource potential of lake geosystems" was developed. Methods of geo-ecological assessment of natural resource potential of lake geosystems developed at the Department of Environmental Geoscience was used. Created specialized GIS – it's a versatile tool for geo-ecological assessment of the PDP, which includes determining the size, balance and use of natural resources in different types of economic activity, an integral assessment of the natural resource potential and a comprehensive assessment of the ecological status of the region. Geoecological estimation allows for typing areas largest natural resource potential, the ratio of resources, intensity, and comprehensive utilization of resources of lakes, on the ecological status of lake geosystems

Ключевые слова: ГИС, геоэкологическая оценка, природно-ресурсный потенциал, озёрные геосистемы

Разработанная специализированная ГИС «Геоэкологическая оценка природно-ресурсного потенциала» является универсальным инструментом для проведения геоэкологической оценки природно-

ресурсного потенциала (ПРП), которая включает определение величины, сбалансированности и использования природных ресурсов в разных видах хозяйственной деятельности, интегральную оценку ПРП и комплексную оценку экологического состояния региона. В качестве объектов оценки рассматриваются административные районы и озёрные геосистемы в их границах. Приложение позволяет провести типизацию районов по величине ПРП, соотношению ресурсов, интенсивности и комплексности использования ресурсов озёр, по экологическому состоянию озёрных геосистем.

Разработанная структурно-логическая модель и методика геоэкологической оценки ПРП озёрных геосистем базируется на рекомендациях сотрудников кафедры географической экологии [1, с. 12].

Проведенная геоэкологическая оценка ПРП озёрных геосистем Белорусского Поозерья позволила выполнить группировку районов с различной величиной ПРП. Районы с низкими и очень низкими показателями величины ПРП (индекс запасов менее 20,0) занимают 32,5 % площади региона и отличаются резким преобладанием ресурсов территорий (Сенненский, Шумилинский, Лиозненский, Шарковщинский) либо незначительным их преобладанием (Бешенковичский, Миорский, Поставский). Районы со средними показателями величины ПРП (20,1-30,0) образуют наиболее распространенную группу (35,8 % территории), в большинстве из них ресурсы озёр составляют от 20 до 50 % от общего ПРП (Верхнедвинский, Глубокский, Лепельский, Россонский, Чашникский), в Мядельском и Ушачском районах – более 50 %. Высокие и очень высокие показатели (более 30,0) величины ПРП отмечаются для Витебского, Браславского, Городокского и Полоцкого районов, занимающих 31,7 % территории области, причем для Витебского района коэффициент сбалансированности составляет менее 0,5, для Городокского и Полоцкого – от 0,5 до 1,0, для Браславского – более 1,0.

Так как исследование природно-ресурсного потенциала сопряжено с накоплением большого количества данных, необходимых для расчёта и анализа, итогом работы в ГИС является структурированная и обработанная база данных, пригодная для последующих исследований, с возможностью своевременного обновления данных.

Литература

1. Геоэкологическая оценка природно-ресурсного потенциала озёрных геосистем: метод. рекомендации / Б.П. Власов, А.Н. Витченко, Н.В. Гагина, Н.Д. Грищенко. – Минск: БГУ, 2012. – 23 с.

© ВГУ

ОСОБЕННОСТИ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАНИЕЦВЕТУЩИХ РАСТЕНИЙ

А.Д. КУБЛИЦКАЯ, О.М. БАЛАЕВА-ТИХОМИРОВА

The aim is to estimate the enzymatic and non-enzymatic antioxidant activity of early-flowering plants. It was determined that significant differences between the enzymatic and non-enzymatic anti-oxidant activity of early-flowering plants from different areas there. A more pronounced prooxidant protection from natural and introduction populations in early-flowering plants. The best body with high antioxidant activity is flower and root

Ключевые слова: антиоксидантная система, раннецветущие растения

Антиоксидантная система, контролирующая в клетках уровень активных форм кислорода, играет важную роль в процессе адаптации растений к неблагоприятным условиям. Эффективность функционирования антиоксидантной системы зависит от содержания низкомолекулярных компонентов и активности специфических ферментов, таких, как глутатионредуктаза, каталаза и другие. Раннецветущие растения – это группа видов, приспособленных к росту и развитию в экстремальных условиях. Проблемы восстановления растительного покрова, увеличения его продуктивности предполагают подбор определенных видов растений, создание фитоценозов из адаптивных к жестким условиям существования растений местной флоры.

Целью работы является оценка ферментативной и неферментативной антиоксидантной активности раннецветущих растений.

В результате проделанной работы были определены биохимические показатели растений (активность глутатионредуктазы, каталазы, аскорбатпероксидазы, а также определение содержания аскорбиновой кислоты и антиоксидантной активности растительного сырья). Системно-экологический анализ раннецветущих растений в зависимости от органа растения и места его произрастания. Согласно полученным данным можно сделать следующие выводы:

1. Определение ферментативной и неферментативной антиоксидантной активности природных и интродукционных популяций раннецветущих растений показало, что существенных различий между раннецветущими растениями разных районов нет. У всех образцов наблюдались приблизительно одинаковые значения, но в листьях медвежьего лука превышают исследуемые показатели в 1,7-3,2 раза.

2. Исследования ферментативной и неферментативной антиоксидантной активности природных и интродукционных окультуренных популяций раннецветущих растений показали, что статистически значимые отличия получены у медвежьего лука в 2,16-3,1 раза по сравнению с такими же показателями у лука шнитта.

3. Системный анализ результатов содержания в вегетативных и генеративных органах раннецветущих растений показал, что в цветке первоцвета весеннего содержится в 6,8– 9,3 раз больше определяемых показателей по сравнению с другими частями. Наибольшее содержание определяемых веществ в медвежьем луке в корнях в 1,71 – 2,3 раза выше по сравнению с листьями и стеблями. У лука шнитта в корнях содержание определяемых показателей в 1,2 раза выше по сравнению с листьями. Вследствие этого наибольшее противодействие к окислительному стрессу имеют цветки первоцвета весеннего, корни медвежьего лука и лука шнитта.

Таким образом, раннецветущие растения могут использоваться как сильные антиоксиданты. Более ярко выражена прооксидантная защита у природных и интродукционных популяций медвежьего лука и первоцвета весеннего. Оптимальным органом, обладающим антиоксидантными свойствами, является цветок, как генеративный орган у первоцвета и корень, как вегетативный орган у первоцвета весеннего и медвежьего лука.

©БНТУ

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ БАЗ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ НА КАЛИЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В.А. КУЗЬМИЧ, В.П. ПОДШИВАЛОВ, А.А. КОЛОГРИВКО

Relevance of a problem of decrease in geoeological consequences of underground mining of potash fields is stated

Ключевые слова: геодезические съемочные сети, геоэкология калийного производства

В результате выполненных исследований в части систематизации баз топографо-геодезических данных при построении опорных сетей на калийных предприятиях проведено изучение и анализ геоэкологических последствий и влияний геомеханических процессов на смещение пунктов геодезическо-маркшейдерских опорных сетей, исследование метода наименьших квадратов по определению параметров связи и преобразованию прямоугольных систем координат для систематизации баз топографо-геодезических данных. Исследовательские работы велись на основе научного анализа и обобщения опубликованных ранее результатов исследований в научных журналах и сборниках, включая научные работы авторов, их личный научный и практический опыт исследований по созданию планово-высотного обоснования горнодобывающих предприятий, научные знания авторов и их навыки по применению метода наименьших квадратов для систематизации баз топографо-геодезических данных, исследования значимости имеющих место изменений пространственного положения центров пунктов маркшейдерско-геодезического обоснования [1, 2]. Проведенные модельные исследования позволяют объективно оценить отклонения вероятнейших значений исследуемых величин от их истинных значений по методу наименьших квадратов. Обобщение полученных результатов исследований позволяет сделать следующие заключения:

- интенсификация подземной разработки калийных месторождений влечет негативные геоэкологические и геомеханические последствия в части сдвижения и деформаций земной поверхности, что приводит к потере опорных пунктов маркшейдерско-геодезических сетей и, несмотря на ряд значимых научных и практических достижений на современном этапе развития калийного производства, полностью исключить или предотвратить смещения, потерю пунктов съемочных сетей не представляется возможным;

- прослеживается эффективная работа метода наименьших квадратов для преобразования прямоугольных систем координат, что дает возможность его применения при систематизации баз топографо-геодезических данных;

- разработанный модельный способ по преобразованию систем координат методом наименьших квадратов позволяет оптимизировать количество и расположение пунктов геодезическо-маркшейдерских сетей;

- установлена реальная погрешность измерения горизонтальных углов и произведена оценка точности измерения горизонтального угла теодолитом 2Т-30 с позиции замкнутой системы, что дает новые возможности применения недорогих теодолитов при развитии полигонометрических ходов на дневной поверхности; рекомендован новейший гирокомпас ВОГК-2 для создания опорных геодезическо-маркшейдерских сетей; применен метод наименьших квадратов для осуществления связи между системами координат.

Литература

1. Подшивалов, В.П. Анализ точности преобразования систем координат методом наименьших квадратов / В.П. Подшивалов, В.А. Кузьмич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Прикладные науки. Строительство. – 2013, – № 16. – С. 109-116.
2. Кологривко, А.А. Снижение геоэкологических последствий при подземной разработке калийных месторождений / А.А. Кологривко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Прикладные науки. Строительство. – 2014, – № 16. – С. 101-110.

©БГТУ

СИНТЕЗ 2,6-ДИЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОФУРАНОВ

Д.А. ЛИТВИНОВ, А.С. ОРЁЛ, С.Г. МИХАЛЁНОК, В.С. БЕЗБОРОДОВ

The efficient method of the synthesis of substituted 2-methylbenzofurans based on the aromatization of 3-substituted-6-allylcyclohex-2-enones in the presence of iodine and potassium hydroxide treatment of intermediated 2-iodomethyl-2,3-dihydrobenzofurans are described

Ключевые слова: бензофураны, циклогексенон, соль Манниха

Замещенные метилбензофураны широко распространены в природе и находят применение в фармацевтической промышленности для получения противоопухолевых, противогрибковых, противовирусных препаратов, других биологически активных антагонистов, лигандов, предназначенных для лечения различных видов заболеваний [1, 2, 3]. В ходе выполнения исследования разработана оригинальная схема получения замещенных бензофуранов, представленная на рис. 1.

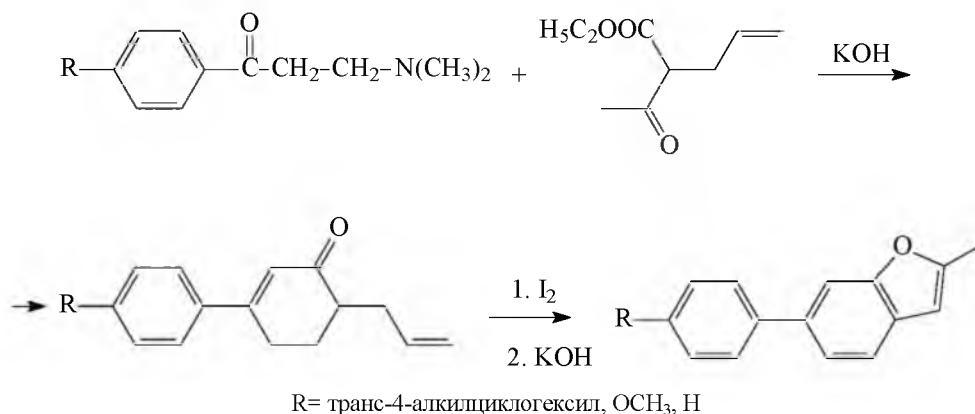


Рис. 1. Получение замещенных бензофуранов

1. ПОЛУЧЕНИЕ 6-АЛЛИЛ-3-АРИЛЦИКЛОГЕКСЕНОНА

Первый этап – реакция Михаэля – представляет собой присоединение нуклеофила (AN) по кратной углерод-углеродной связи, сопряженной с электроноакцепторной группой (EWG). Общее уравнение имеет следующий вид (рис. 2):

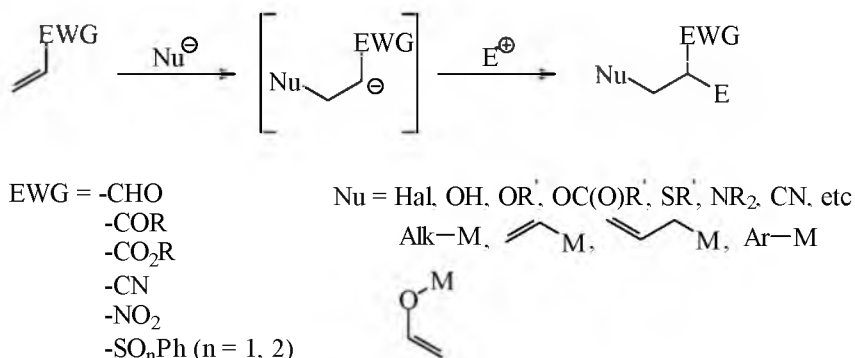


Рис. 2. Общее уравнение реакции Михаэля

Область синтетического применения реакции Михаэля охватывает широкий круг задач, связанных с созданием углерод-углеродных связей в самых различных структурах. Простота описываемого способа проведения реакции присоединения послужила причиной его применения для синтеза аддуктов, которые могут в дальнейшем легко подвергаться внутримолекулярным циклизациям, позволяющим получать разнообразные циклические продукты.

В качестве непредельных субстратов в этих реакциях применяют алкены, содержащие различные электроноакцепторные группы. Эти субстраты имеют общее название – акцепторы Михаэля. Наличие электроноакцепторных групп обуславливает электрофильный характер двойной связи и создает предпосылки к эффективной стабилизации отрицательного заряда в карбанионном интермедиате, образующегося на стадии присоединения нуклеофильной частицы. Природа нуклеофильного реагента, используемого в этой реакции, может варьироваться в очень широких пределах. Реализация A_N реакции включает активацию акцептора Михаэля (например, сопряженного енона) под действием основного катализатора [4].

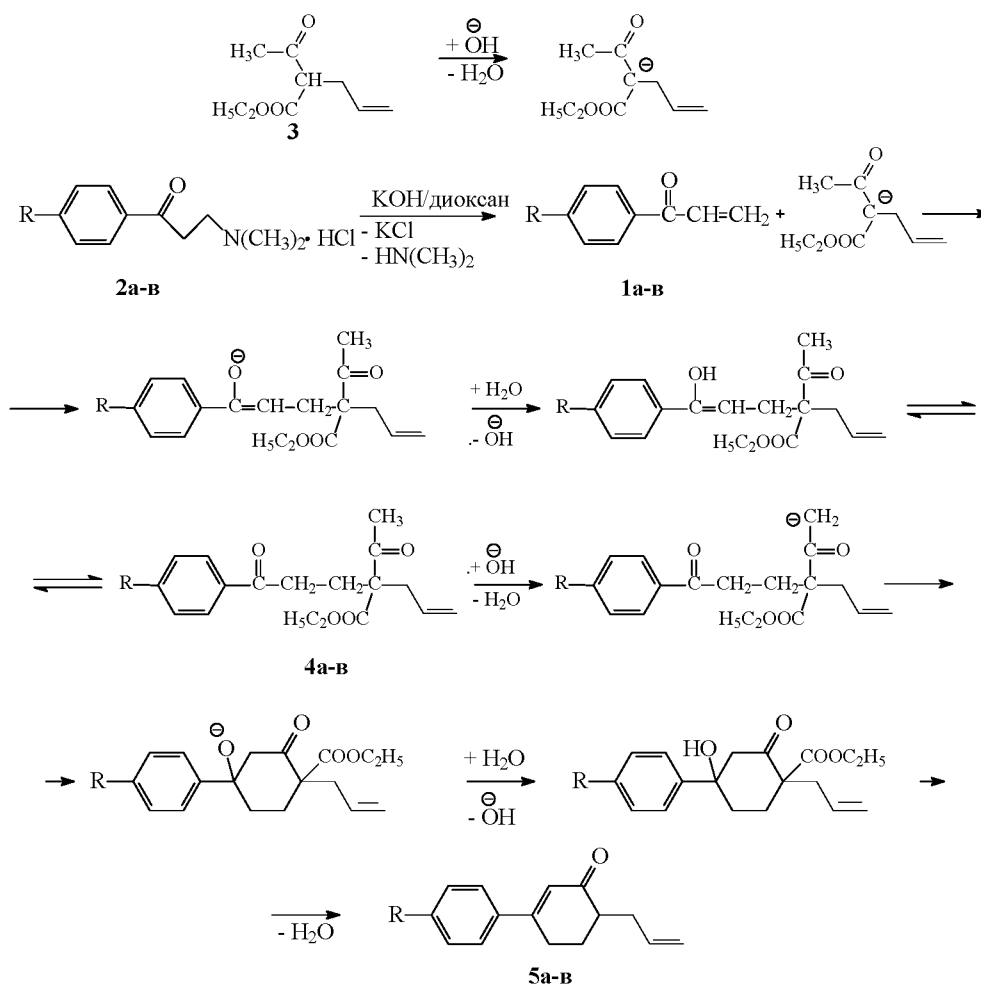
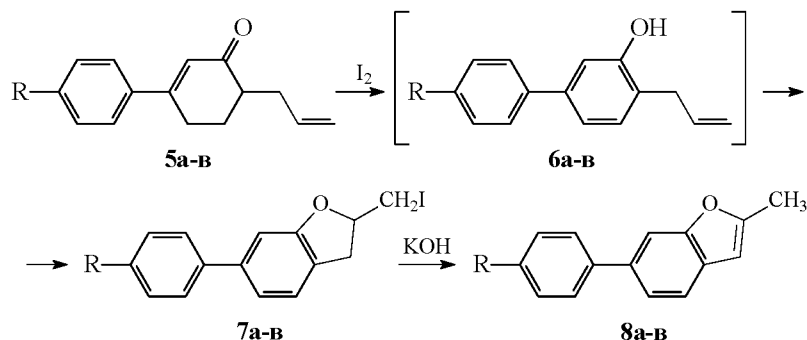


Рис. 3. Получение замещенных циклогекс-2-енонов

2. ПОЛУЧЕНИЕ ДИЗАМЕЩЕННЫХ ДИГИДРОБЕНЗОФУРАНОВ И БЕНЗОФУРАНОВ

промежуточных замещённых *орто*-аллилфенолов **6а–в**, которые *in situ* под действием иода претерпевали циклизацию, приводящую с выходом более 90% к замещённым 2-иодметил-2,3-дигидробензофуранам **7а–в**. Проведенные далее исследования показали, что 2-иодметил-2,3-дигидробензофураны **7а–в** при нагревании со щелочью в изопропиловом спирте легко дегидроиодируются и превращаются с выходом 88–95% в соответствующие замещённые 2-метилбензофураны **8а–в**.



Где R = H (а); CH₃O (б); транс-4-С₂H₅С₆H₁₀ (в)

Рис. 4. Получение замещённых бензофуранов

Строение синтезированных веществ подтверждено данными ¹H ЯМР-спектроскопии. В спектрах 2-иодметил-2,3-дигидробензофуранов **7а–в** отличительные сигналы проявляются в областях 7.18–7.00 и 3.50–3.06 м.д. и при 4.62 м.д. Сигналы протонов замещённых 2-метилбензофуранов **8а–в** в ¹H ЯМР спектрах проявляются при 7.61, 7.47, 7.41 и 6.38 м. д.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Использованные в работе химические реактивы имели квалификацию «ч», «чда», «хч». Спектры ¹H ЯМР растворов веществ в CDCl₃ получены на спектрометре Bruker Avance-400 (400 МГц), внутренний эталон – гексаметилдисилоксан (ГМДС). Контроль за ходом реакции и индивидуальностью полученных соединений осуществлялся методом ТСХ на пластинках «Silufol», «Kieselgel 60 F254». Элюент - смесь петролейный эфир–этилацетат, 15:1. Температуры плавления измерялись на приборе Büchi B-540.

6-Аллил-3-[4-(транс-4-этилциклогексил)фенил]циклогекс-2-енон 5в. Смесь 0.1 моль гидрохлорида 3-(*N,N*-диметиламино)-1-[4-(транс-4-этилциклогексил)фенил]пропан-1-она **2в**, 0.11 моль 2-аллилацетоуксусного эфира **3** и 0.25 моль едкого кали нагревали в 100 мл диоксана в колбе с обратным холодильником в течение 2.5 ч при температуре 94 °С. Реакционную смесь охлаждали, подкисляли 5%-ным раствором серной кислоты до pH = 5–6. Выпавший осадок отфильтровывали, промывали водой, кристаллизовали из этилацетата. Выход 80%. Т.пл 76.4–77.9 °С.

Аналогично получали:

6-Аллил-3-фенилциклогекс-2-енон 5а. Выход 73%. Т.пл 66.3–67.9 °С.

6-Аллил-3-(4-метоксифенил)циклогекс-2-енон 5б. Выход 71%. Т.пл. 72.5–73.7 °С.

2-(Иодметил)-6-[4-(транс-4-этилциклогексил)фенил]-2,3-дигидробензофуран 7в. 2 г 6-Аллилциклогекс-2-енона **5в**, 1.7 г иода в 10 мл изопропилового спирта кипятили с обратным холодильником 2 ч, охлаждали, разбавляли 100 мл воды. Продукт отфильтровывали, промывали холодной водой и перекристаллизовывали из изопропилового спирта. Выход 90%. Разлагается при плавлении.

Аналогично получали:

2-(Иодметил)-6-фенил-2,3-дигидробензофуран 7а. Выход 85%. Разлагается при плавлении.

2-(Иодметил)-6-(4-метоксифенил)-2,3-дигидробензофуран 7б. Выход 85%. Разлагается при плавлении.

2-Метил-6-[4-(транс-4-этилциклогексил)фенил]бензофуран 8в. 1.5 г 2-(Иодметил)-2,3-дигидробензофурана **7в**, 1 г КОН в 10 мл изопропилового спирта кипятили с обратным холодильником в течении часа, охлаждали, разбавляли 50 мл воды. Продукт отфильтровывали, промывали холодной водой и перекристаллизовывали из изопропилового спирта. Выход 95%. Т.пл 113.8–115.8 °С.

Аналогично получали:

2-Метил-6-фенилбензофуран 8а. Выход 89%. Т.пл 52.1–54.1 °С.

2-Метил-6-(4-метоксифенил)бензофуран 8б. Выход 88%. Т.пл 63.2–65.2 °С.

Литература

1. Three New Arylobenzofurans from *Onobrychis ebenoides* and Evaluation of Their Binding Affinity for the Estrogen Receptor / M. Halabalaki [et.al.] // J. Nat. Prod. – 2000. – Vol. 63, №12. – P. 1672–1674.
2. Structure-activity relationships of arylbenzofuran H3 receptor antagonists / G. Gfesser [et.al.] // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2005. – Vol. 15, № 10. – P. 2559–2563.
3. Potent, selective, and orally bioavailable matrix metalloproteinase-13 inhibitors for the treatment of osteoarthritis / Y. Hu [et. al.] // Bioorg. Med. Chem. – 2005. – Vol. 13, № 24. – P. 6629–6644.
4. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза / В.А. Смит, А.Д. Дильман, – М.: Бином, 2009.

©БГТУ

УДАЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МИКРООРГАНИЗМАМИ АКТИВНОГО ИЛА И БИОТЕСТИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД МИНСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

С.В. МЕДВЕДЬ, О.И. ТОЛКАЧ, А.В. ИГНАТЕНКО

It was studied water toxicity and heavy metals removal from waste waters by active sludge at Minsk water cleaning station and shown that biotesting made it possible quickly appreciate water toxicity and its cleaning

Ключевые слова: сточная вода, токсичность, биотестирование, тяжелые металлы, активный ил

Контроль эффективности детоксикации сточных вод (СВ) является одной из актуальных экологических задач [1]. В работе рассмотрены вопросы биосорбционной очистки СВ от тяжелых металлов (ТМ) микроорганизмами активного ила (АИ) и метафитона (МФ), а также предложен быстрый и простой метод биотестирования токсичности СВ на всех стадиях водоочистки.

В качестве объектов исследования использовали образцы СВ, АИ и МФ, отобранные на Минской очистной станции (МОС). Дисперсные свойства частиц СВ и сорбционные свойства АИ, МФ изучали методами адсорбции, седиментационного анализа, светорассеивания [2, 3]. О токсичности СВ судили по подвижности клеток *Euglena gracilis*, из коллекции кафедры биотехнологии и биоэкологии БГТУ [4]. Индекс токсичности воды определяли как:

$$\text{ИТ} = (t - t_0) / t_0 \cdot 100 \%,$$

где t , t_0 – время пробега клеток между фиксированными метками в присутствии и без ТМ.

Статистический анализ результатов осуществляли с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Относительная погрешность измерений не превышала $\pm 8\%$.

Установлено, что максимальная сорбционная емкость связывания ТМ АИ в 2–5 раз выше, чем МФ и зависит от номера коридора аэротенка. Изменение средних значений ИТ в зависимости от стадий очистки СВ приведены на рисунке.

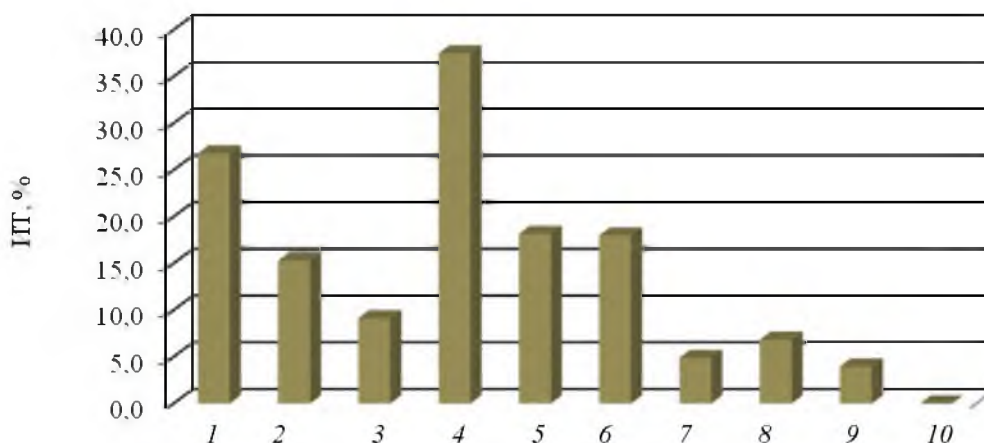


Рис. Изменение индекса токсичности сточных вод МОС:

1 – решетки, 2 – песколовки, 3 – 1-ый отстойник, 4 – 7 – коридоры аэротенка, 8 – 2-ый отстойник, 9 – выпуск воды, 10 – контроль

Литература

1. Кузнецов, А. Е. Прикладная экибиотехнология: учебное пособие: в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – Т. 1. – 629 с.; – Т. 2. – 485 с.
2. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – М.: Химия, 1982. – 400 с.
3. Долгов, В. В. Фотометрия в лабораторной практике / В. В. Долгов, Е. Н. Ованесов, К. А. Щетникович. – СПб.: Витал Диагностика, 2004. – 192 с.
4. Сазановец, М. А. Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования / М. А. Сазановец, А. В. Игнатенко // Труды БГТУ. Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2014. – № 6. – С. 179–182.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РУП «ПОЛЕССКАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЛУГОВОДСТВА» ЛУНИНЕЦКОГО РАЙОНА

С.В. МИСЬКО, Е.В. ГОРБАЧЕВА

This work is dedicated to organizing the use of the reclaimed land, taking into account their environmental, technological properties and condition closely linked to performance and the needs of agricultural production

Ключевые слова: рациональное использование земель, мелиорированные земли, рабочий участок, севооборот, группа пригодности

Особенностями землеустроительных работ при организации использования мелиорированных земель является учет требований взаимного расположения мелиоративных систем на устраиваемой территории и установление состава и соотношения земель с учетом конкретных условий увлажнения почв [1]. Общая площадь «Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства» Лунинецкого района Брестской области Республики Беларусь составляет 3392,0 га. Сельскохозяйственная освоенность территории составляет 90,7 %. Площадь пахотных земель составляет 1417,3 га, луговых – 1663,0 га. Основу землепользования хозяйства составляют осушенные земли: на их долю приходится 89,9 %, от площади сельскохозяйственных земель – 98,3%, от пахотных – 96,2%. На территории хозяйства наибольшую площадь занимают торфяно-глеевые почвы на осоково-тростниковых торфах, подстилаемых рыхлыми песками – 552,3 га, а наименьшую дерново-глееватые песчаные почвы на древнеаллювиальных мощных рыхлых песках – 1,7 га. Средневзвешенный балл сельскохозяйственных земель по хозяйству равен 34,8, а пахотных – 41,6.

На пахотных землях сформировано и оценено 37 однородных эколого-технологических рабочих участков. С учетом почвенной характеристики сформированные рабочие участки разделяют на группы [2]. В первую группу включены участки, с преобладанием торфяно-болотных почв с глубиной залегания торфа более 1м. На них могут возделываться многолетние травы – до 50 %, зерновые – до 40 %, пропашные – до 10 %. Вторая – участки, где преобладают торфяно-болотные почвы с глубиной залегания торфа от 0,5 до 1,0м. Их рекомендуется использовать в системе почвозащитных зернотравяных севооборотов. Третья группа характеризуется преобладанием мелкозалежных торфяников с глубиной залегания торфа до 0,5 м. В целях предотвращения интенсивной минерализации органического вещества и проявления эрозийных процессов эту группу почв целесообразно использовать в основном под бобово-злаковые и злаковые многолетние травы длительного пользования. Четвертая группа – участки, расположенные на неоднородных (деградированных) торфяно-минеральных и минеральных почвах. Здесь допускается возделывание любых культур при преобладании многолетних трав – до 40 %, зерновых культур – до 40 %, кукурузы на силос и на зерно – до 10 %, других пропашных – до 10 %. В пятой группе участков преобладают пойменные торфяно-болотные почвы. Их рекомендуется использовать под кормовые культуры длительного пользования. К шестой группе участков относятся торфяно-болотные почвы с выгоревшим верхом. Их рекомендуется использовать под зерновые культуры и травы с внесением повышенных доз минеральных и органических удобрений. Результат группировки по типам условий использования используется для обоснования системы севооборотов. Каждая группа участков будет выступать в качестве отдельного севооборотного массива.

Литература

1. Инструкция о порядке разработки проектов внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций / Гос. комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь. – Минск, 2001. – 29 с.
2. Мороз, Г. И. Проблема сохранения осушенных торфяно-болотных почв по-прежнему актуальна / Г. И. Мороз // Земля Беларуси. – 2012. – № 2. – С. 10–15.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА БАРИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО ОКСИДАМИ ТИПА RO

А.А. МОКИЧ, Е.М. ДЯТЛОВА

The aim of the work is to develop the composition of the masses and technology of producing ceramic ferroelectric materials the bases of barium titanate, are modified by RO type oxide (MgO, CaO, SrO), for monolithic ceramic capacitor

Ключевые слова: сегнетоэлектрик, титанат бария, оксид-модификатор, диэлектрическая проницаемость, удельное сопротивление, монолитный конденсатор

Целью данной работы является разработка составов масс и технологии получения керамических сегнетоэлектриков на основе титаната бария, модифицированного оксидами типа RO (MgO , CaO , SrO), для монолитных конденсаторов.

Для синтеза сегнетоэлектрических материалов использовали метод высокотемпературного спекания. Титанат бария (BaTiO_3) синтезировали из карбоната бария и диоксида титана. Карбонат бария и диоксид титана, пройдя ситовое обогащение, смешивались в эквимольных долях в количестве, необходимом для получения титаната бария. В полученный порошок добавляли необходимое количество модифицирующей добавки и смесь подвергалась тонкому измельчению. В качестве модифицирующей добавки использовали CaO , вводимый карбонатом кальция, MgO и SrO . Обжиг производили при температуре 1250°C . Полученный спек подвергали тонкому помолу в микрошаровой мельнице. Тонина помола определялась остатком на сите 0063 не более 2 %. Для пластификации в порошок вводили связку (8 % раствор КМЦ). Прессование заготовок производилось на гидравлическом прессе при давлении 100 Мпа. Образцы сушились в сушильном шкафу при температуре $100 \pm 5^\circ\text{C}$. Обжиг образцов производили в электрической печи при температуре 1250°C . Выдержка при максимальной температуре 2 ч. Максимальная скорость нагрева $4^\circ\text{C}/\text{мин}$.

В ходе выполнения работы был приведен аналитический обзор литературы, на основании которого выбрана система сырьевых материалов для получения монолитных конденсаторов: $\text{Ba}(\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr})\text{O}-\text{TiO}_2$. На основе этих сырьевых компонентов были синтезированы опытные образцы, подвергнутые испытаниям в лабораторных условиях, изучена их структура, фазовый состав, а также основные физико-химические и электрофизические свойства. Установлены закономерности изменения физико-химических свойств синтезированных образцов в зависимости от соотношения составляющих компонентов и частоты измерения.

На основе проведенных исследований выбран оптимальный состав массы, содержащий, %: карбонат бария (BaCO_3) – 65,06; оксид титана (TiO_2) – 26,35; карбонат стронция (SrCO_3) – 8,59. Материал на основе данного состава характеризуется следующими свойствами: водопоглощение 7,55 %; открытая пористость 25,9 %; кажущаяся плотность $3,31 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-3}$; диэлектрическая проницаемость 2632; удельное объемное сопротивление $43,2 \text{ МОм} \cdot \text{м}$.

По результатам проведения рентгенофазового анализа было установлено, что фазовый состав синтезированных материалов представлен в основном титанатом бария (BaTiO_3) и титанатом стронция (SrTiO_3).

Результаты оптической микроскопии показали, что материал характеризуется однородностью, равномерностью распределения кристаллических фаз и пор. Материалы характеризуются зернистой структурой, в которой видны кристаллы титаната бария, стронция, висмута. Общий размер зерен кристаллических фаз от 0,09 до 0,165 мкм.

Таким образом, поставленная задача выполнена, разработанные составы обладают необходимыми свойствами и производство данных изделий в Республике Беларусь технологически оправдано и экономически эффективно.

©БГТУ

ПРОЗРАЧНЫЕ НЕФРИТТОВАННЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ ФАРФОРОВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

А.А. НАДУДИК, И.А. ЛЕВИЦКИЙ

The compositions of the transparent nonfritted glazes for fabrication of higher-tension porcelain insulators received by single firing at temperatures $1300 \pm 10^\circ\text{C}$ were developed

Ключевые слова: высоковольтные изоляторы, термическая стойкость, химическая устойчивость, удельное объемное сопротивление, блеск

Целью работы является разработка составов нефриттованных глазурей для декорирования высоковольтных изоляторов, изготавливаемых из фарфоровых масс.

Синтез глазурных покрытий осуществлялся в системе $\text{R}_2\text{O}-\text{RO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ (где $\text{R}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}$, K_2O ; $\text{RO}-\text{CaO}$, MgO). Кроме того, в задачу исследований входило установление основных закономерностей изменения физико-химических свойств и структуры глазурей от их состава; исследование структурных особенностей разработанных глазурей и выявление их взаимосвязи со свойствами.

В качестве сырьевых компонентов использовались пегматит финский – каолин просьяновский марки КС-2 – кварцевый песок ВС-050-1 – доломит класса 4 марки А группы 1 – фарфоровый череп (бой, брак изоляторов). Фарфоровый череп подвергали предварительному сухому помолу в шаровой мельнице PM100/PM200 Reatsch (Германия). Все составляющие материалы взвешивали по рецептуре с точностью до 0,001 г и производили совместный мокрый помол в шаровой мельнице. Соотношение

материала к мелющим телам составляло 1:1,3. Влажность глазурных суспензий находилась в интервале 35–42%. Тонина помола определялась остатком на сите №0056 в количестве 0,5–0,7%. Готовый глазурный шликер наносили на образцы в виде плиток размером (50×30) мм методом полива. Сушку образцов с нанесенной глазурью производили в сушильном шкафу при температуре 100±5 °С. Далее образцы обжигали в электрической печи фирмы Nabertherm (Германия) при температуре 1250–1300 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Оптимальные составы глазурей включают следующие компоненты, мас. %: пегматит чупинский 50–57,5, кварцевый песок 5, доломит 22,5–30, каолин просьяновский 5, фарфоровый череп 13.

Проведенные исследования физико-химических свойств синтезированных глазурей показали, что ТКЛР находится в интервале $(8,38–8,41) \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, блеск составляет 21–75 %.

Удельное объемное сопротивление при постоянном токе для оптимальных составов составляет $(2,2–2,7) \cdot 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ при 20 °С.

Структура синтезированных глазурей достаточно однородная. На покрытиях оптимальных составов отсутствуют кристаллические образования, а также кратеры, наколы и другие дефекты поверхности. Глазурь является рентгеноаморфной.

В результате проведения DSC выявлено, что при термической обработке глазурей наблюдаются три эндотермических эффекта с максимумом при температурах 573 °С, 775–799 °С и 1141–1149 °С. Первый эффект связан с полиморфным превращением кварца из β-модификации в высокотемпературную – α-модификацию и разрушением минерала каолинита, его гидратацией с образованием метакаолинита. Второй эндотермический эффект связан с декарбонизацией глазури и обусловлен разложением карбоната магния и кальция. Третий эффект характеризует плавление глазури. Кроме эндотермических эффектов на кривой DSC имеется экзотермический эффект при температурах 963–967 °С, который предположительно связан с высвобождением свободной энергии метакаолинита и протеканием процесса муллитизации. Анализируя кривые DSC, можно сделать вывод, что формирование покрытий начинается при температурах 1090–1149 °С.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования разработанных глазурей для декорирования высоковольтных изоляторов.

©БГТУ

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ЦВЕТНЫЕ ГЛАЗУРИ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ

А.И. ОЛЕХНОВИЧ, И.А. ЛЕВИЦКИЙ

The compositions of the semifritteg glaze for decorated floor tiles using galvanic sludges was synthesized. Wear resistance colored coating of saturated brown tones was received at temperatures 1200±10 °С

Ключевые слова: осадок сточных вод гальванического производства, полуфриттованная глазурь, термическая стойкость, химическая устойчивость, износостойкость

Целью исследований является разработка составов и технологии получения полуфриттованных цветных глазурей с использованием в качестве окрашивающих компонентов осадков сточных вод гальванического производства, содержащих в своем составе значительное количество оксидов железа, что создает предпосылки для получения цветных глазурей преимущественно коричневого цвета.

В работе использовался осадок сточных вод гальванического производства следующего усредненного химического состава, мас. %: SiO_2 – 0,47; Al_2O_3 – 0,21; CaO – 3,73; MgO – 2,22; Na_2O – 2,6; K_2O – 0,02; Fe_2O_3 – 58,52; ZnO – 9,44; Cr_2O_3 – 5,22; P_2O_5 – 3,43.

Синтез глазурей осуществлялся на основе системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. При разработке составов глазурной шихты использовались следующие сырьевые компоненты: осадок сточных вод гальванического производства, фритта, доломит марки А группы 1 класса 4, кварцевый песок, глинозем, огнеупорная глина «Гранитик-Веско», цинковые белила, колеманит, каолин марки КС-1. В качестве фритты использовались применяемые на ОАО «Керамин» цинксодержащая алюмосиликатная фритта 141/а и алюмокальциевосиликатная фритта 131/3, взятые в соотношении 1 : 1.

Опытная глазурь готовилась совместным мокрым помолом компонентов в шаровой мельнице до остатка на сите №0056 – 0,1–0,3%. При помоле глазурной суспензии с целью улучшения реологических характеристик вводился триполифосфат натрия и кальцинированная сода в количестве по 0,2 мас. %, вводимых сверх 100%.

Полученная глазурь имела влажность 45–50%. Плотность глазури составляла 1490 кг/м³. Глазурь наносилась на предварительно высушенные образцы до остаточной влажности 0,5% с помощью фильеры, высушивались до относительной влажности не более 1%. Покрытия обжигались при тем-

температуре $1160 \pm 10^\circ\text{C}$ в промышленной газопламенной печи конвейерной линии FMS-2500 в течение 50 ± 5 мин в условиях ОАО «Керамин».

Блеск синтезированных покрытий находится в диапазоне 36–66%.

Значения микротвердости в зависимости от состава глазурей составляет 6703–8468 МПа, твердость по шкале Мооса 7. Термическая стойкость глазури – 125°C .

Глазурные покрытия являются химически стойкими к раствору № 3 по ГОСТ 27180.

ТКЛР синтезированных глазурей на электронном dilatометре DEL 402 PC фирмы «Netzsch» (Германия) в интервале температур $20\text{--}400^\circ\text{C}$. ТКЛР глазурного покрытия составляет $(67,31\text{--}72,63) \cdot 10^7$ К-1. Степень износостойкости – 3.

По данным рентгенофазового анализа установлено наличие следующих кристаллических фаз: гематита, магнетита, маггемита и анортита, воластонита и высокотемпературного кварца.

Микроструктура глазурных покрытий представлена многочисленными, плотно прилегающими друг к другу, кристаллическими образованиями с преимущественно призматическим, изометричным и неизометричным габитусом. Размеры образований составляют от 3 до 10 мкм, более редки скопления кристаллов протяженностью 20–25 мкм. Участки, характерные стеклофазе, практически отсутствуют.

В результате проведенного исследования доказана возможность использования осадка сточных вод гальванического производства для синтеза цветных глазурей, используемых при декорировании плиток для полов, что позволяет исключить из составов импортируемые керамические пигменты. Использование осадков сточных вод гальванического производства для получения цветных глазурных покрытий позволяет исключить из состава дорогостоящие жаростойкие пигменты и снизить содержание высокоэнергоемкой фритты.

© ИПНК, БГУ

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА БИОАКТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДНЫХ ОСНОВАНИЙ МАННИХА С ИОНАМИ ЦИНКА (II)

Т.В. ПЕТРАШЕВСКАЯ, Т.В. КОВАЛЬЧУК

The paper was studied chelation of zinc ion (II) with Mannich base derivatives in solution were synthesized complexes described by their physico-chemical properties, composition and geometry set focal node and determined the level of antifungal activity of the parent ligands and complexes of Zn (II) on the basis of their

Ключевые слова: биологически активные комплексы цинка, антифунгальная активность, комплексообразование, основания Манниха

Перспективной областью поиска соединений для создания новых химиотерапевтических средств могут быть металлокомплексы производных дифенольного ряда, в частности основания Манниха. Данная работа посвящена исследованию комплексных соединений оснований Манниха с ионами Zn(II).

Объектом исследования являлись комплексы Zn(II) с производными дифенольного ряда. Известно, что ионы цинка(II) выполняют важные функции в организме: участвуют в синтезе нуклеиновых кислот и протеинов, в активации более 200 ферментов, делении клеток, образовании гормонов и коллагеновых волокон, функционировании мембран [1].

Цель данной работы заключалась в получении биологически устойчивых комплексов Zn(II) с производными дифенольного ряда и выявлении среди них соединений с антифунгальной активностью.

Методы исследования – потенциометрическое титрование, элементный анализ, кондуктометрия, термогравиметрический анализ, ИК-спектроскопия, оптическая спектроскопия, микробиологическое исследование.

Изучено комплексообразование ионов Zn(II) с производными оснований Манниха в растворе вода-ТГФ, в соотношении 1:1, рассчитаны ступенчатые ($\lg K_{\text{уст}} = 5.84 \div 7.02$) и общие константы устойчивости ($\lg \beta = 11.78 \div 13.27$) комплексов Zn(II). Установлено, что молярное отношение в синтезированных комплексах ион Zn(II) : лиганд составляет 1:2.

Методом термогравиметрического анализа показано, что молекулы растворителя отсутствуют в координационной сфере комплексов, а комплексы термически устойчивы вплоть до 150°C . Установлено, что все металлокомплексы являются липофильными ($P_{\text{ow}} = 10^2$) и нейтральными ($\lambda = 10.9 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$), что является несомненным достоинством исследованных комплексов с точки зрения требований, предъявляемых к потенциальным химиотерапевтическим средствам.

Анализ спектроскопических данных свидетельствует о том, что координационный узел комплексов Zn(II) с производными оснований Манниха имеет тетраэдрическое строение, образован атомами кислорода фенольных OH-групп и атомом азота гетероцикла бокового заместителя.

Выявлена очень высокая антифунгальная активность некоторых комплексов Zn(II) в отношении *Alternaria alternata* и *Aspergillus niger* (RI=100 %). Другие комплексы проявляют высокую активность (RI ≥70 %) и в связи с этим могут рассматриваться как потенциальные антифунгальные агенты.

Литература

1. Горбачев Г.И., Ковальчук Т.В., Петрашевская Т.В., Логинова Н.В. Комплексообразование производных 1,3-дигидроксibenзола с ионами цинка (II) // VIII Всероссийская конференция молодых ученых с международным участием по химии и наноматериалам «Менделеев 2014» Российское химическое общество им. Менделеева, г. Санкт-Петербург, 1–4 апреля 2014 г. – Санкт-Петербург, 2014. С.145–146.

© БГПУ

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ СКРИПИЦА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ПРИПЯТСКИЙ»)

В.Н. ПЕТРОВ, А.А. СВИРИД, Г.К. ХУРСЕВИЧ

Results of the microscopic study of diatoms in the samples collected in the river Skripitsa in August 2010 have been represented. The systematic and ecology-geographical composition of studied diatoms has been analysed. Saprobiological index of the river has been revealed by species – indicators

Ключевые слова: диатомовые, фитопланктон, Скрипица, сапробиологический индекс

Река Скрипица протекает в Житковичском районе Гомельской области, левый приток реки Припять. Длина 36 км. Используется как водоприемник мелиоративных систем. В результате микроскопического изучения диатомовых водорослей в пробах, собранных в реке в августе 2010 г., идентифицировано 24 вида и внутривидовых таксона. Они принадлежат к 3 классам (Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae), 8 порядкам, 10 семействам, 16 родам по системе диатомовых, предложенной Ф. Раундом с соавторами [1].

Эколого-географический анализ проводился в соответствии с рекомендациями [2]. Анализ диатомового комплекса по отношению к галобности показал, что в его составе наиболее разнообразно представлена группа индифферентов (70,9 % от общего состава таксонов). В нее входят виды космополиты и алкалифилы *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (46,2 % относительной численности створок в препарате), *A. ambigua* (Grunow) Simonsen (9 %), *Staurosira construens* var. *venter* (Ehrenberg) Hamilton (8,6 %), *S. construens* Ehrenberg (4,4 %). Заметное участие в комплексе принимают группы галофилов и галофобов (по 8,3 % каждая от общего состава таксонов). Среди галофилов единично встречены *Amphora copulata* (Kützinger) Schoeman & R. E. M. Archibald и *Melosira varians* C. Agardh, галофобов – *Staurosirella leptostauron* (Ehrenberg) Williams et Round и *Eunotia pectinalis* (Kützinger) Rabenhorst var. *pectinalis*.

По отношению к рН воды преобладает группа алкалифилов (54,2 % состава комплекса). Участие индифферентов, ацидофилов, алкалибионтов составило равные доли (по 12,5 %). Среди них заметной численности достигают ацидофил *Aulacoseira* aff. *muzzanensis* (Meister) Krammer (около 9 % численности) и алкалибионт *Cyclotella dubius* (Fricke) Round (2 %). Доли остальных видов в сложении численности диатомового комплекса единичны.

По географическому распространению космополиты объединяют 75 % таксонов, бореальные виды – 16,7 %, распространение остальных не выяснено.

Относительно высокое содержание в изученном диатомовом комплексе видов с неизвестной галобностью, неизвестным отношением к активной реакции среды и неустановленным географическим распространением обусловлено тем, что за последние десятилетия в систематике диатомовых водорослей произошли многие таксономические преобразования. Это приводит к пересмотру и уточнению данных по экологической амплитуде и распространению значительной доли видов диатомей.

Таким образом, анализ диатомового комплекса фитопланктона реки Скрипица, собранного в августе 2010 года, по систематическим и эколого-географическим показателям продемонстрировал, что он является характерным для пресноводных среднеминерализованных водоемов умеренных широт со слабо щелочным характером водной массы (показатель рН в месте отбора проб составляет величину 7,34).

По индикаторным видам выявлен сапробиологический индекс реки, который составляет 1,73 и соответствует α- мезосапробной зоне самоочищения третьего класса качества вод.

Литература

1. Round F.E. The diatoms. Biology and morphology of the genera / F.E. Round, K. M. Crawford, D.G. Mann. – Cambridge: 1990. – 747 p.
2. Барина С.С. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды / С.С. Барина, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив, 2006. – 498 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУТАГЕНОВ

М.Ю. РЯЗАНОВА, Г.Г. ЮХНЕВИЧ

It is shown that use of chemical mutagenesis techniques improves the properties of the activated sludge and intensifies the work of biological treatment plants of urban waste water. Results of research are important in practice of municipal wastewater treatment plants for waste water treatment with complex chemical composition

Ключевые слова: активный ил, нитчатое вспухание, химический мутагенез

Наиболее распространенной патологией биологической очистки сточных вод, приводящей к резкому снижению ее качества, является нитчатое вспухание ила [1, 2]. К мероприятиям, направленным на подавление нитчатого вспухания, относится обработка активного ила химическими мутагенами [3].

Цель исследования – выявить возможность интенсификации работы сооружений биологической очистки городских сточных вод с использованием методов химического мутагенеза. Для обработки активного ила применяли сернокислый марганец и N-нитрозо-N-метилмочевину. Для исследований использовали пробы активного ила аэротенков городских очистных сооружений канализации г. Гродно на разных этапах обработки мутагенами.

В ходе исследований были изучены следующие показатели качества активного ила.

Иловый индекс и количество нитчатых микроорганизмов в результате обработки сернокислым марганцем уменьшились на 25% и в 4 раза соответственно, N-нитрозо-N-метилмочевинной – на 28% и в 52,6 раза соответственно в сравнении с исходными значениями. Снижение данных показателей свидетельствует о подавлении нитчатого вспухания ила.

Гидробиологический состав и показатели видового разнообразия биоценоза активного ила. До обработки мутагенами в составе биоценоза активного ила доминировали раковинные амебы; численность кругоресничных и хищных сосущих инфузорий, коловраток была снижена, что свидетельствует о низком качестве очистки сточных вод. В результате обработки активного ила мутагенами наблюдалась тенденция к балансировке численности по всем таксонам; увеличилась доля представителей III трофического уровня, что является показателем глубокой очистки сточных вод с нитрификацией. Степень доминирования в результате обработки активного ила мутагенами уменьшилась, в то время как индексы выравненности и видового разнообразия увеличились, что указывает на улучшение условий среды.

Суммарная дегидрогеназная активность ила после трехкратной обработки сернокислым марганцем увеличилась без внесения дополнительного субстрата на 33%, при внесении в качестве субстрата глюкозы – на 38%, пептона – на 33%, нефти – на 60%; после четырехкратной обработки N-нитрозо-N-метилмочевинной увеличилась на 57%, 72%, 74% и 88% соответственно. Следовательно, мутагенная обработка активного ила аэротенков способствует усилению деструкции трудноразлагаемых веществ.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что обработка активного ила аэротенков химическими мутагенами благоприятно сказывается на качестве очистки городских сточных вод. При этом эффективность использования N-нитрозо-N-метилмочевины в качестве мутагена для обработки активного ила аэротенков значительно выше, чем сернокислого марганца.

Литература

1. *Jenkins, D.* Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems / D. Jenkins, M.G. Richard, G.T. Daigger. – 3rd edition. – LEWIS PUBLISHERS, 2003. – 260 p.
2. *Richard, M.* Activated sludge microbiology problems and their control // Materials of the 20th Annual USEPA National Operator Trainers Conference, Buffalo, NY, June 8, 2003.
3. *Жмур, Н.С.* Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 506 с.

ПОЧВЕННЫЕ МЕЗОСТИГМАТИЧЕСКИЕ КЛЕЩИ ЛЕСНЫХ ФОРМАЦИЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

В.П. СЕМЕНИЮК, С.П. КОХАНСКАЯ

The results add to the data about the fauna of forest soils in the North of Belarus, which is of great theoretical and practical interest, given the role of ticks as the main components of soil ecological communities, taking an active part in the formation of the humus layer of the soil, destruction of crop residues, the regulation of the number of small invertebrates

Ключевые слова: акароценоз, мезостигматические клещи, почвенные горизонты, плотность заселения, структура доминирования, акарокомплексы

Введение. В наземных экосистемах во всех районах Земли обитателями почвы являются 50-99% всех видов животных и на их долю приходится 60-90% наземной зоомассы. Число особей на единицу площади у некоторых групп достигает фантастических величин (до 1 млн. клещей, ногохвосток на 1 м² в лесных и луговых почвах) [1].

Одним из компонентов биоразнообразия почв являются членистоногие. Мезостигматические клещи – достаточно многочисленная, но одна из наименее изученных групп почвенных микроартропод. Их роль в почвенных ценозах неоднозначна. Ряд мезостигмат способны к микро- и детритофагии. Большинство являются хищниками и могут оказывать существенное влияние на численность почвенных беспозвоночных-сапрофагов [2].

Целью настоящей работы явилось изучение видового состава и структуры сообществ мезостигматических клещей в почвах основных лесных формаций Белорусского Поозерья.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Установить видовой состав и таксономическую структуру акарофауны почвенных мезостигмат в лесных формациях севера Беларуси.
- Определить структуру доминирования мезостигматических клещей в изучаемых акароценозах.
- Выявить закономерности вертикального распределения почвенных мезостигматических клещей в лесных формациях Белорусского Поозерья.
- Описать структуру сообществ почвенных мезостигматических клещей, характерных для различных типов леса на севере Беларуси.

Материал и методы исследования. Наши исследования проводились на территории северной геоботанической подзоны в пределах Западно-Двинского и, частично, Ошмянско-Минского геоботанических округов, в Полоцком, Суражско-Лучесском и Верхне-Березинском геоботанических районах.

Для выполнения работы были использованы собственные сборы клещей, сделанные авторами в различные годы, а также материалы по почвенным мезостигматическим клещам, любезно предоставленные нам сотрудниками лаборатории почвенной зоологии ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам».

Для настоящей работы использован материал, собранный в 1976, 1979, 1987, 1997-2012 годах. Сборы проводились в следующих пунктах Витебской области: Витебский район (д. Придвинье, д. Малые Летцы, д. Ильичевка, д. Осиновка, 107 км трассы М-8), Полоцкий район (г. Новополоцк, д. Пукановка, д. Емельяники), Городокский район (д. Веречье), Сенненский район (д. Щитовка), Глубокский район (д. Ломаша), Шумилинский район (д. Польковичи, д. Бондарево, д. Узречье), Лепельский район (д. Переходцы и д. Савский Бор на территории Березинского биосферного заповедника, д. Звезда).

Методы сбора клещей и количественной обработки данных. Учет мезофауны почвы и подстилки производился при помощи метода сухой экстракции [3].

Микропрепараты клещей изготавливали с помощью жидкости «Фора-Берлезе» по методу рекомендованной Н.Г. Брегетовой [4].

Для определения собранных клещей использовалась русскоязычная литература [4, 5, 6].

Для сравнения и характеристики заселенности клещами почв разных горизонтов и в разных биотопах использовались несколько количественных показателей: общая численность клещей в экзemplярах на 1 м² (плотность клещей); встречаемость (индекс встречаемости, ИВ); индекс доминирования (ИД).

Согласно предложенной М.И. Сергиенко [7] для почвенных клещей шкале встречаемости, к очень редким видам относятся те, чья встречаемость меньше 0,5%, к редким – 0,5-2%, к средним встречаемым – 2,5%, к часто встречаемым – 5-15%, к массовым – больше 15%.

В своей работе мы придерживаемся шкалы доминирования, предложенной Г.Д. Энгельманом [8] для почвенных клещей. Согласно этой шкале к эудоминантам (Е) относятся клещи, ИД которых больше 10%, к доминантам (D) – ИД 5-10%, к субдоминантам (SD) – ИД 2-5%, к рецедентам (R) – ИД 1-2%, к субрецедентам (SR) – ИД меньше 1%.

Для характеристики акарокомплексов в различных биотопах вычисляли следующие показатели [9, 10]: показатель видового разнообразия Шеннона (H); стандартная ошибка показателя разнообразия Шеннона (m_H); показатель выравнимости Пielу (e).

Для установления фаунистического и количественного сходства группировок клещей в разных биотопах использовались индексы Жаккара и Наумова, а также коэффициент Вайнштейна [11].

Нами обработано 929 проб, в том числе из сосняков – 390, из ельников – 287, из березняков – 137, из сероольшаников – 115. Из этих проб извлечено и определено 6931 экз. мезостигматических кле-

щей. Исследовалось также их распределение по горизонтам почвы. Для этого выделено 383 пробы из подстилки, 308 – из слоя почвы 0-5 см, 238 – из слоя почвы 5-10 см.

Результаты и их обсуждение. Из проб почвы и подстилки в лесных формациях Белорусского Поозерья нами было извлечено и изучено 6931 экз. клещей, принадлежащих к отряду Parasitiformes, надкогорте Mesostigmata. Найденные клещи отнесены к 7 когортам, 21 семейству и представлены 150 систематическими единицами: Sejina – 1 вид, Microgyniina – 2 вида, Epicriina – 1 вид, Antennophorina – 1 вид, Gamasina – 114 видов, Trachytina – 6 видов, Uropodina – 25 видов. Наиболее многочисленными являются гамазовые клещи, которые составляют 77,28% от общей численности найденных нами мезостигмат.

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФАУНЫ ПОЧВЕННЫХ МЕЗОСТИГМАТИЧЕСКИХ КЛЕЩЕЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Наибольшим видовым разнообразием в почвах лесных формаций Белорусского Поозерья отличаются семейства Uropodidae и Parasitidae (по 25 видов в каждом). Несколько меньшее количество видов относится к семействам Laelaptidae и Rhodacaridae (18 и 14 видов соответственно). В таксономическом отношении наиболее разнообразны уроподовые клещи (11 родов, 3 подрода). Большое количество родов отмечено также в семействах Rhodacaridae (9 родов), Parasitidae, Laelaptidae и Aceosejidae (по 5 родов в каждом).

Массовыми видами в лесных почвах Белорусского Поозерья являются *P. (P.) lapponicus*, *V. nemorensis*, *P. kochi*, *P. sarekensis*, *T. aegrota* (ИВ 24,0%, 38,0%, 22,28%, 29,6%, 22,82% соответственно).

По общей численности и плотности заселения почв на первом месте находится семейство Zerconidae – 27,98%, 834,88 экз/м². Вторым по численности является семейство Parasitidae – 19,88%, 593,33 экз/м². За ними следуют семейства Veigaidae (17,47%, 521,42 экз/м²) и Trachytidae (16,12%, 480,95 экз/м²).

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕЗОСТИГМАТ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Общая плотность заселения клещами почв в исследованных нами лесных формациях составляет 2984 экз/м². Но их вертикальное распределение весьма неравномерно.

Подстилка заселена клещами наиболее богато. В этом горизонте обнаружено 5135 экз. мезостигматических клещей. Здесь представлено 21 семейство и наблюдается наибольшее видовое разнообразие (138 видов): Sejidae – 1 вид, Microgyniidae – 2 вида, Epicriidae – 1 вид, Celaenopsidae – 1 вид, Parasitidae – 23 вида, Veigaidae – 6 видов, Ameroseiidae – 2 вида, Aceosejidae – 8 видов, Phytoseiidae – 2 вида, Antennoseiidae – 2 вида, Rhodacaridae – 12 видов, Ologamasidae – 1 вид, Parholaspididae – 1 вид, Macrochelidae – 6 видов, Pachylaelaptidae – 8 видов, Laelaptidae – 17 видов, Eviphididae – 4 вида, Haemogamasidae – 1 вид, Zerconidae – 10 видов, Trachytidae – 6 видов, Uropodidae – 24 вида. Плотность мезостигмат составляет 5363 экз/м², ИВ – 92,17% (таблица 1). Эудоминантами в этом горизонте являются *V. nemorensis*, *T. aegrota*, *P. kochi*. Их ИД колеблется от 14,43% до 11,70%, а в сумме они составляют 39,0%. Доминируют в подстилке *P. (P.) lapponicus* и *P. sarekensis*, чьи ИД равны 9,62% и 9,13% соответственно (суммарная численность доминантов – 18,75%). К субдоминантам относятся 7 видов: *T. pauperior*, *P. (P.) misellus*, *Trich. ovalis*, *A. aphidioides*, *H. (G.) aculeifer*, *Parasitidae gen. sp.*, *P. (P.) parrunciger* (ИД от 3,41% до 2,06%), в сумме эти виды составляют 17,11%. Шесть видов клещей в подстилке относятся к группе рецедентов: *E. ostrimus*, *P. (P.) crassipes*, *Z. triangularis*, *Z. baloghi*, *Trachytes sp.*, *H. excipuliger* (ИД от 1,91% до 1,07%), а в сумме они составляют 7,86%. Остальные 120 видов имеют ИД от 0,02% до 0,93% и относятся к субрецедентам, в сумме они составляют 17,28% от общей численности. К числу массовых видов в подстилке можно отнести следующие виды клещей: *V. nemorensis*, *P. (P.) lapponicus*, *T. aegrota*, *P. kochi*, *P. sarekensis*, *P. (P.) misellus* (ИВ от 53,79% до 15,14%).

Почвенный горизонт 0–5 см заселен клещами намного меньше. В нем обнаружено 1338 экз. мезостигматических клещей, принадлежащих к 90 видам. Общая плотность клещей составляет 1738 экз/м², ИВ – 76,95%. В почве 0-5 см представлены клещи 14 семейств: Celaenopsidae – 1 вид, Parasitidae – 16 видов, Veigaidae – 6 видов, Aceosejidae – 4 вида, Phytoseiidae – 1 вид, Rhodacaridae – 10 видов, Parholaspididae – 1 вид, Macrochelidae – 3 вида, Pachylaelaptidae – 7 видов, Laelaptidae – 9 видов, Eviphididae – 3 вида, Zerconidae – 8 видов, Trachytidae – 5 видов, Uropodidae – 16 видов (таблица 1). В почве 0-5 см эудоминантами являются *P. sarekensis* и *V. nemorensis* (ИД 29,37% и 16,37% соответственно). В сумме эудоминанты составляют 45,74% от общей численности клещей в этом горизонте. Доминируют в почве 0-5 см *P. kochi* (ИД 6,80%) и *P. (P.) lapponicus* (ИД 5,83). В сумме они составляют 12,63%. К субдоминантам относятся 5 видов клещей: *T. aegrota*, *H. (G.) aculeifer*, *T. pauperior*, *P. (P.) misellus*, *Parasitidae gen. sp.* Их ИД колеблется от 4,63% до 2,02%, а их суммарное значение составляет 18,6%, что несколько выше, чем суммарная значимость доминантов. Рецеденты

представлены 4 видами клещей: *V. exigua*, *Trachytes* sp., *V. cervus*, *A. aphidioides*. Их ИД находится в интервале от 1,49% до 1,12%, в сумме они составляют 5,22% от общей численности клещей. Остальные 30 видов относятся к субрецендентам (ИД от 0,07% до 0,90%), в сумме составляют 17,81% от общей численности клещей, найденных в почвенном горизонте 0-5 см. Массовыми здесь являются *V. nemorensis* и *P. sarekensis* (ИВ от 29,90% и 30,19% соответственно).

Почвенный горизонт 5–10 см заселен клещами еще меньше. Здесь обнаружено 458 экз. клещей, принадлежащих к 54 видам. Общая плотность их составляет 770 экз/м², ИВ – 55,88%. В этом горизонте встречаются 14 семейств: *Epicriidae* – 1 вид, *Parasitidae* – 10 видов, *Veigaidae* – 5 видов, *Aceosejidae* – 1 вид, *Phytoseiidae* – 1 вид, *Antennoseiidae* – 1 вид, *Rhodacaridae* – 7 видов, *Macrochelidae* – 1 вид, *Pachylaelaptidae* – 2 вида, *Laelaptidae* – 4 вида, *Eviphididae* – 2 вида, *Zerconidae* – 5 видов, *Trachytidae* – 4 вида, *Uropodidae* – 10 видов (таблица 1). Эудоминантами в этом горизонте являются те же два вида, что и в вышележащем слое: *P. sarekensis* и *V. nemorensis* (ИД от 21,18% и 19,21% соответственно). Суммарная доля этих 2-х видов в нижнем слое почвы составляет 40,39%. К доминантам относятся 3 вида клещей – *P. kochi*, *T. pauperior* и *T. aegrota*. Каждый из них имеет ИД 6,33%, а в сумме они составляют 18,99%. Шесть видов можно отнести к субдоминантам – *H.(G.) aculeifer*, *P.(P.) lapponicus*, *U. fracta*, *P.(P.) misellus*, *Z.(M.) sellnicki*, *Parasitidae* gen. sp. Их ИД колеблется от 4,59% до 2,40%, в сумме они составляют 20,97% от общей численности. Как и в вышележащем горизонте, суммарная доля субдоминантов несколько выше доли доминантов. К группе рецендентов относятся также 6 видов, чьи ИД находятся в диапазоне от 1,53% до 1,09%: *V. cervus*, *V. exigua*, *Trachytes* sp., *P.(P.) suecicus*, *P.(P.) parrunciger*, *Uropoda* sp. Их суммарная численность – 7,64%. Остальные 37 видов относятся к субрецендентам (ИД от 0,22% до 0,87%) и в сумме составляют 12,01%. Массовыми видами в почве 5–10 см являются *V. nemorensis* и *P. sarekensis* (ИВ 24,37% и 20,59% соответственно).

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЗОСТИГМАТИЧЕСКИХ КЛЕЩЕЙ В ПОЧВАХ ОСНОВНЫХ ЛЕСНЫХ ФОРМАЦИЙ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Основными лесными формациями Белорусского Поозерья являются сосняки, ельники, березняки и сероольшаники. Почвы в них заселены клещами весьма неравномерно. Данные приведены на таблице 1.

В хвойных лесах отмечено 131 вид, а в мелколиственных – 97 видов почвенных мезостигматических клещей. *V. nemorensis* является эудоминантом во всех 4 лесных формациях. *T. aegrota* выступает в роли эудоминанта в ельниках, березняках и ольшаниках, а в сосняках он является доминантом. Представители семейства *Zerconidae* входят в группу эудоминантов в двух формациях: *P. sarekensis* – в сосняках и березняках, *P. kochi* – в ольшаниках и ельниках; в остальных двух они являются доминантами. Три вида никогда не являются эудоминантами, но входят в группу доминантов: *P.(P.) lapponicus* – во всех 4-х формациях, *T. pauperior* – в березовых и ольховых лесах, *Trich. ovalis* – в ельниках.

Анализ видового разнообразия и плотности заселения клещами почв в различных биотопах исследованных лесных формаций показал, что наибольшим биоразнообразием ($H = 3,10 \pm 0,044$) отличается акарокомплекс ельника кисличного, а наибольшая плотность клещей (4880 экз/м²) зарегистрирована в сероольшанике снытевом. Самые низкие показатели биоразнообразия наблюдаются в ельнике мшистом и березняке папоротниковом, а самая низкая плотность клещей – в сосняке лишайниковом и в березняке папоротниковом.

Таблица 1 – Структура сообществ мезостигматических клещей в основных лесных формациях Белорусского Поозерья

Показатели	Сосняки	Ельники	Березняки	Сероольшаники
Всего клещей, шт	2824	1964	1136	1007
Количество обследованных проб, ед.	390	287	137	115
Количество заселенных проб, ед.	299	213	111	100
Общий ИВ (%)	76,7	74,2	81,0	87,0
Плотность заселения (экз/м ²)	2896	2737	3317	3503
Кол-во видов, ед.	101	97	69	63
$H \pm m_H$	$3,08 \pm 0,027$	$3,12 \pm 0,032$	$2,74 \pm 0,045$	$3,08 \pm 0,041$
e	0,67	0,68	0,65	0,74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нами установлено:

1. В почве и подстилке лесных формаций Белорусского Поозерья обитают 150 видов мезостигматических клещей, относящихся к 7 когортам, 21 семейству. Когорта Gamasina – самая многочисленная и разнообразная среди почвообитающих мезостигмат в наших сборах (77,28% от общей численности, 114 видов).

Наибольшим видовым разнообразием отличается семейство Uropodidae (25 видов, 11 родов, 3 подрода), а наибольшей численностью – семейство Zerconidae (27,98% от общей численности).

2. Доминируют в почвах лесных формаций Белорусского Поозерья 4 вида клещей: *V. nemorensis*, *P. sarekensis*, *T. aegrota*, *P. kochi* (ИД 15,12%, 13,84%, 10,85%, 10,40% соответственно).

Массовыми видами в лесных почвах Белорусского Поозерья являются *P.(P.) lapponicus*, *V. nemorensis*, *P. kochi*, *P. sarekensis*, *T. aegrota* (ИВ 24,0%, 38,0%, 22,28%, 29,6%, 22,82% соответственно).

3. Наибольшее видовое разнообразие (138 видов) и наибольшая плотность (5363 экз/м²) мезостигматических клещей наблюдаются в подстилке лесных формаций.

4. Наибольшее видовое разнообразие характерно для почв еловых лесов ($H = 3,12 \pm 0,032$). Наименьшим видовым разнообразием отличаются почвы березняков ($H = 2,74 \pm 0,045$). Наибольшая плотность мезостигматических клещей зафиксирована в почвах сероольховых лесов (3503 экз/м²). Наименьшая плотность отмечена в ельниках (2737 экз/м²).

Среди отдельных биотопов по видовому разнообразию лидирует акарокомплекс ельника кисличного ($H = 3,10 \pm 0,044$), а по плотности почвенных клещей – акарокомплекс сероольшаника снытевого (4880 экз/м²).

Литература

1. Гиляров, М.С. Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых / М.С. Гиляров. – М.-Л., 1949. – 280 с.
2. Завязкина, О.М. Распределение гамазовых клещей в гидрологическом ряду сосняков Дарвинского заповедника // О.М. Завязкина. // В сб.: Фауна и экология беспозвоночных животных. – М., 1984. – С. 36-49.
3. Tullgren, A. En enkel apparat for automatiskt vittjande av sallgods / Tullgren. – Entomol. tidskr., 1917, Arg. 38, N1, s. 97-100.
4. Бреgetова, Н.Г. Гамазовые клещи. Краткий определитель / Н.Г. Бреgetова. – М.-Л.: АН СССР, 1956. – 246 с.
5. Определитель обитающих в почве клещей Mesostigmata // Н.Г. Бреgetова и др.). – Л.: Наука, 1977. – 718 с.
6. Давыдова, М.С. Гамазовые клещи Западной Сибири / М.С. Давыдова, В.В. Никольский. – Новосибирск: Наука, 1986. – 125 с.
7. Сергиенко, М.И. Особенности распределения мезостигматических клещей в биогеоценозах Украинских Карпат / М.И. Сергиенко. // В сб.: Проблемы почвенной зоологии. Матер. докл. IX Всесоюз. совещ. – Тбилиси, 1987. – С. 260-261.
8. Engelmann, H.-D. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenartropoden. – Pedobiologia / H.D. Engelmann. – 1978. – Bd. 18, Hf. 5/6. – S. 378-380.
9. Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – В 2-х т. – Т.2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
10. Песенко, Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко. – М.: Наука, 1982.
11. Чернов, Ю.И. Основные синэкологические характеристики почвенных беспозвоночных и методы их анализа / Ю.И. Чернов. // В кн.: Методы почвенно-зоологических исследований. – М., 1975. – С.160-216.

©БГТУ

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ К ОКИСЛЕНИЮ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В СОСТАВЕ КОСМЕТИЧЕСКОГО КРЕМА

И.А. СИДЕРКО, Ж.В. БОНДАРЕНКО, Г.Г. ЭМЕЛЛО

The influence of termo-processing on the properties and oxidation stability of vegetable oils was studied. The composition of cosmetic cream was developed elaborated. The experimental sample of cream was produced. It was determinated, that cream sample meets requirements of STB 1673-2006

Ключевые слова: растительные масла, жирнокислотный состав, устойчивость к окислению, термообработка, антиоксиданты

Масла в неочищенном виде обладают невысокими пищевыми достоинствами и технологическими свойствами, так как содержат в своем составе посторонние вещества помимо триацилглицеридов, поэтому их подвергают различным видам очистки. Однако в процессе очистки масел (рафинации) снижается их биологическая ценность из-за выведения витаминов, фосфолипидов и других ценных веществ. Масла, подвергшиеся воздействию высоких температур, воздействию света, при неправильном хранении, могут терять свои полезные свойства (разрушение витаминов, образование транс-изомеров, перекисных соединений и др.). Важно сохранить исходные полезные свойства масел, опре-

деляющие их физиологическую ценность, поэтому исследования в данной области являются актуальными как с научной, так и с практической точки зрения.

С целью увеличения биологической ценности, увеличения сроков хранения, а также оптимизации жирнокислотного состава масел в последнее время наблюдается тенденция к использованию смеси масел, оптимизации рецептур и поиску новых природных наиболее эффективных антиоксидантов, препятствующих физико-химическим изменениям в маслах. Поэтому актуальным является изучение устойчивости растительных масел и их смесей к окислению, поиск способов увеличения сроков хранения масел и содержащих их продуктов, в частности, косметических эмульсий. На основании литературного обзора и патентной проработки выбраны объекты исследования и обосновано направление исследований.

Цель работы – изучение свойств растительных масел (рапсовое масло и масло виноградной косточки), их устойчивости к окислению при термическом воздействии.

Задачи работы: определение основных физико-химических показателей рапсового масла и масла виноградной косточки; проведение термообработки растительных масел и установление влияния процесса на физико-химические показатели; анализ влияния различного соотношения рапсового масла и масла виноградной косточки, а также витамина Е на устойчивость смеси масел к окислению; выбор компонентного состава, получение и анализ свойств косметической эмульсии, содержащей растительные масла.

Определены основные физико-химические показатели (кислотное число, число омыления, эфирное число, перекисное число, цветное число) рапсового масла и масла виноградной косточки. Хроматографическим методом анализа идентифицирован жирнокислотный состав анализируемых растительных масел.

Изучено влияние продолжительности термообработки на устойчивость масел и их смесей к окислению. Установлено, что в наименьшей степени подвержена окислению смесь рапсового масла с маслом виноградной косточки в соотношении 5:1. Определено влияние термического воздействия на жирнокислотный состав изучаемых масел. Показано, что введение витамина Е в количестве 0,4% к массе смеси масел обеспечивает их защиту от окисления при температурном воздействии в течение 80 мин.

На основании полученных результатов разработана рецептура эмульсионного крема для рук, содержащего в своем составе рапсовое масло и масло виноградной косточки в соотношении 5:1, а также витамин Е в качестве антиоксиданта. В лабораторных условиях диспергационным методом по способу «горячий/горячий» получен косметический крем. Анализ полученного образца эмульсионного крема показал его соответствие требованиям СТБ 1673–2006 по органолептическим и физико-химическим показателям.

© ВГУ

ОСОБЕННОСТИ ДОЛИННО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ Г. ВИТЕБСКА

Е.Е. СТРЕЛЬЧЕНЬ, А.Н. ГАЛКИН

Valley-beam systems, environmental conditions, human impact, exogenous geological processes, monitoring

Ключевые слова: долинно-балочные системы, экологическая обстановка, антропогенное воздействие, экзогенные геологические процессы, мониторинг

Долинно-балочные системы обычно рассматриваются как объекты, постоянно создающие трудности для развития городской инфраструктуры. Однако к этим системам в пределах городов и процессам происходящих в них нельзя относиться только с позиции их опасности. В долинах малых рек, ручьев, оврагах и балках в городских условиях сохраняется естественная растительность, и они могут использоваться как рекреационные зоны. Долинно-балочные системы обеспечивают в зависимости от розы ветров вентиляцию городской территории и изменяют микроклимат в прилегающих к ним кварталах, являются естественными дренажными системами. Долинно-балочная сеть – потенциальный резерв земель под строительство и создания транспортных артерий, культурных и социальных объектов в городах. Вместе с тем имеются негативные тенденции при освоении городских оврагов и балок. Они связаны с недостаточным учетом возможности образования и развития новых и активизации старых оврагов, появления по их бортам отвершков и развития опасных склоновых и суффозионных процессов, причем это чаще всего связано с отсутствием научно-обоснованных рекомендаций по использованию долинно-балочных систем в городах. Таким образом, актуальность настоящих исследований определяется недостаточной изученностью условий и специфики развития эрозионных процес-

сов как опасного явления в городах и соотношений между развитием населенных пунктов и существующими долинно-балочными системами.

Целью исследований явилось установление особенностей развития долинно-балочных систем на территории г. Витебска. Реализация поставленной цели потребовала анализа современных представлений о долинно-балочных системах и подходах к их использованию в городах; характеристики долинно-балочных систем г. Витебска, проблем, связанных с их функционированием; изучения геолого-геоморфологических особенностей их развития; рассмотрения основных аспектов организации мониторинга долинно-балочных систем города. Объектом исследований выступили долинно-балочные системы территории Витебска; предметом – пространственно-временные закономерности изменений в их развитии. Поставленные задачи решались с использованием методов полевых и камеральных геолого-геоморфологических исследований, обобщения и анализа собранных данных, обработки результатов исследований с помощью геоинформационных технологий.

В результате проведенных исследований установлено, что долинно-балочные системы различного порядка – характерная особенность рельефа Витебска: в городе линейных эрозионных форм насчитывается порядка 70, а их общая протяженность составляет более 17 км. Структурные элементы долинно-балочных систем находятся на разных стадиях своего развития, большей частью в стадии молодости. Наиболее активны овраги с невыработанным профилем равновесия, образовавшиеся относительно недавно.

На современном этапе развития города существует необходимость организации мониторинга долинно-балочных систем, что обусловлено не только их значимостью в градостроительной деятельности, но и отсутствием в Витебске вообще каких-либо наблюдений за развитием различных рельефообразующих процессов, в том числе формирующих долинно-балочные системы. Предложенная ГИС «Долины ручьев Дунай и Гапеевский» позволяет систематизировать, структурировать, приводить в единый формат накопленный при исследованиях материал и собирать его в единую проблемно-ориентированную базу геоданных.

©БГУ

СОДЕРЖАНИЕ СЕСТОНА И ХЛОРОФИЛЛА В ПРУДАХ РЫБОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ И РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ

О.С. СУЛИМОВА, А.А. ЖУКОВА

Investigations were carried out in 2010-2013 at small and large rivers in the northwest of Belarus (Viliya, Western Dvina and their tributaries) and located in their catchment area four fish farms («Vileika», «Gritsevo», «Navlitsa», «Novinki»). To evaluate the content of suspended solids and chlorophyll at different periods of the growing season in the water rivers related to the basin of the Baltic Sea, as well as connected with them aquaculture ponds. Based on the averaged values of seston and chlorophyll the trophic status of the river Viliya can be defined as eutrophic, and the Western Dvina River and small rivers – as mesotrophic

Ключевые слова: сестон, хлорофилл, сезонная динамика, пруды, реки

Важной задачей нашего времени является сохранение природно-ресурсных возможностей водных объектов Беларуси и оперативная оценка их текущего экологического состояния. Содержание сестона и хлорофилла являются интегрированными показателями качества воды, которые позволяют достаточно легко и быстро оценить степень развития фитопланктона, и косвенно судить о его биологической продуктивности. Кроме того, так как концентрация кислорода в воде прудов напрямую связана с уровнем развития фитопланктона, благодаря своевременному анализу в рыбоводческих прудах можно спрогнозировать заморы рыбы, различные болезни и т.д.

Цель работы: оценить содержание взвешенных веществ и хлорофилла в разные периоды вегетационного сезона в воде крупных и малых рек, относящихся к бассейну Балтийского моря, а также связанных с ними прудах рыбоводческих хозяйств.

Исследования проводили в 2010-2012 гг. на р. Ви́лия и З. Двина, их притоках и расположенных на водосборе рек четырех рыбоводческих хозяйствах. Всего за период исследования отобрано и обработано 304 пробы воды.

Полученные результаты показали, что значения сестона и хлорофилла значительно варьируют, имея разные пределы колебаний для крупных и малых рек, а также прудов рыбоводческих хозяйств. Так в прудах содержание сестона в среднем за вегетационный сезон больше по сравнению с крупными реками в 1,5-3 раза, а по сравнению с малыми реками – выше в 4 раза. По сравнению с крупными реками превышение средних концентраций хлорофилла в прудах составляет 5 раз, с малыми реками – в 8 раз. Это происходит ввиду того, что в рыбоводческие пруды поступают вносимые человеком удобрения, которые стимулируют рост водорослей. Для четырех выделенных категорий водных сис-

тем – р. Виляя, р. З. Двина, массив малых рек и пруды рыбоводческих хозяйств – сезонная динамика изученных показателей имеет свои особенности. Концентрация хлорофилла в воде и удельное содержание хлорофилла в сестоне в прудах рыбоводческих хозяйств в среднем в несколько раз больше, чем в водотоках, в малых реках содержание хлорофилла было наименьшим. При этом, диапазон колебаний содержания сестона и медианные значения оказались примерно сопоставимы в прудах, в малых и больших реках. Диапазон колебаний значений попадает в рамки между 25 и 75 процентилями.

Выявлено влияние сбросных вод на водоприёмники рыбоводческих хозяйств: концентрация сестона и хлорофилла увеличивается в местах сброса воды с прудовых хозяйств в несколько раз; при этом качественный состав взвеси существенно не меняется (доля хлорофилла в сестоне в период сброса в водоисточнике на входе в систему прудов и на сбросе с рыбхоза существенно не различается).

На основании среднесезонных значений сестона и хлорофилла трофический статус р. Виляя в период исследования определен как эвтрофный, а р. Западная Двина и малых рек – как мезотрофный. Трофический статус прудов рыбоводческих хозяйств существенно изменяется на протяжении вегетационного сезона, максимум продуктивности наблюдается к концу лета.

©БГТУ

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТУГОПЛАВКИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССА СВС

Д.О. СУШКО, Е.М. ДЯТЛОВА

The aim of the work is to develop the composition of the masses and the establishment of the technological aspects of producing heat-insulating ceramic materials by self-propagating high-temperature synthesis based on the aluminum consisting system, dolomite, quartz sand and additive $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), теплоизоляционные керамические материалы, алюминиевая пудра, пористость, теплопроводность

Целью данной работы является разработка составов масс и установление технологических аспектов получения теплоизоляционных керамических материалов с использованием энергоэффективной технологии – метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза на основе системы, включающей алюминий, доломит, кварцевый песок и добавку $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Для синтеза масс выбраны следующие сырьевые материалы: трепел, перлит, доломит, кварцевый песок и фосфорсодержащая добавка $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (аммофос).

Сырьевая смесь готовилась сухим способом исходных компонентов, предварительно подготовленные компоненты взвешивались на электронных весах с точностью до $\pm 0,1$ г. Далее производили помол смеси в микрошаровой мельнице в течение 15 минут с использованием высокоглиноземистых мелющих тел. Тонина помола определялась остатком на сите 0063 не более 3 %. При прессовании образцов использовалось органическое связующее – клей ПВА. Влажность массы составляла 6–8 %.

Прессование заготовок производилось на гидравлическом прессе при давлении 15–20 МПа. Образцы сушились в сушильном шкафу при температуре 100 ± 5 °С. Синтез образцов проводили методом СВС. Для инициирования процесса горения образцы помещали в разогретую до 800 °С электрическую печь. Экзотермическая реакция окисления алюминия начинается с поверхности и распространяется по всему объему образца.

Изучены физико-химические характеристики синтезированных материалов и установлена их зависимость от исходного состава смесей. Показатели кажущейся плотности образцов находились в пределах 860–1950 кг/м³, истинной – 2600–2850 кг/м³, пористости истинной 27–53,75 %, механической прочности при сжатии 1,51–22,3 МПа. Значения ТКЛР образцов в интервале температур 50–300 °С составляют $(5,4–6,7) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹.

Для определения теплопроводности образцов был использован метод динамического калориметра, который позволяет получить ее температурную зависимость в интервале 20–200 °С. Теплопроводность материалов составляет 0,335–0,844 Вт/(м·К), что позволяет большинство из них отнести к классу теплоизоляционных материалов. По результатам рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав синтезированных материалов представлен в основном корундом, шпинелью и анортитом, в качестве побочных фаз фиксируются кремний и фосфат алюминия.

Микроскопическое исследование позволило определить пространственное расположение кристаллической и стекловидной фаз. Структура образцов имеет мелкозернистое строение с равномерно распределенными мелкими порами. Установлено, что введение фосфорнокислого аммония способствует увеличению объемной доли пор в смесях, за счет этого уменьшается коэффициент теплопроводности синтезированных материалов.

В результате проведенных исследований определен оптимальный состав массы и подобраны необходимые технологические параметры получения изделий, отвечающих требованиям нормативно-технической документации.

Полученные материалы могут применяться для теплотехнических установок в качестве футеровочных и теплоизоляционных изделий.

©БГТУ

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ИП «ИНКРАСЛАВ» И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

С.А. ТВЕРДОХЛЕБ, А.В. ИГНАТЕНКО

It was studied ecological safety of biocides and their usage for disinfecting of sewage sludge and shown that studied biocides up to 1% undangerous for water purification and 2% biocide «Anasept» quite effective for disinfecting of sewage sludge

Ключевые слова: экологическая безопасность, биоциды, биотестирование, осадки сточных вод, обеззараживание

Образующиеся при очистке воды осадки сточных вод (ОСВ) представляют ценное органоминеральное удобрение, однако из-за значительного содержания патогенных микроорганизмов и токсичных веществ, они преимущественно не используются и захораниваются [1]. В работе рассмотрены вопросы обеззараживания ОСВ биоцидными препаратами и оценки экологической безопасности биоцидных веществ для очистных сооружений.

В качестве объектов исследования использовали образцы ОСВ, отобранные на Минской очистной станции. Обеззараживание ОСВ проводили путем 0,5 ч обработки с помощью 2 % растворов HCl и Ca(OH)₂, а также 0,4–2% биоцидными препаратами «Анасефт», «Инкрасепт 10-А», «Славин» производства ИП «Инкраслав». Экологическую безопасность биоцидных препаратов оценивали по их влиянию на подвижность эукариотических клеток микроводоросли *Euglena gracilis* [2]. Об эффективности обеззараживания ОСВ судили по показателям: КМАФАнМ, БГКП, *E. coli*, содержанию патогенных микроорганизмов, цист простейших и яиц гельминтов [3], а также методом микрокалориметрии [4] по формуле:

$$\Theta = (S_0 - S) / S_0 \cdot 100\%,$$

где S_0 , S тепловыделение образцов ОСВ до и после обработки биоцидами.

Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Относительная погрешность измерений не превышала $\pm 5\%$.

Установлено, что предельно допустимая концентрация препаратов ИП «Инкраслав» с точки зрения их острой токсичности для эукариотических организмов – 1%. В таблице приведены средние значения эффективности обеззараживания ОСВ биоцидными веществами.

Полученные результаты показали, что препарат «Анасефт» обладает максимальной биологической активностью при обеззараживании ОСВ.

Таблица. Эффективность обеззараживания осадков сточных вод биоцидными веществами по данным метода микрокалориметрии

Показатели	Биоцидные вещества					
	«Анасефт»		«Славин»	«Инкрасепт-10А»	HCl	Ca(OH) ₂
Концентрация, %	0,55	2,0	0,45	1,0	2,0	2,0
Эффективность обеззараживания, %	73,6	99,9	58,1	75,1	50,4	75,2

Литература

1. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения / Е. П. Пахненко. – М.: БИНОМ лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
2. Сазановец, М. А. Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования / М. А. Сазановец, А. В. Игнатенко // Труды БГТУ. Химия, технология орган. в-в и биотехнология. – 2014. – № 6. – С. 179–182.
3. Методы санитарно-паразитологических исследований. Методические указания. МУК 4.2.2661-10. – М.: Минздрав России, 2010. – 37 с.
4. Игнатенко, А. В. Микробиологические, органолептические и визуальные методы контроля качества пищевых товаров. Микрокалориметрия: Лабораторный практикум / А. В. Игнатенко, Н. В. Гриц. – Минск: БГТУ, 2003. – 114 с.

Е.В. ТРОФИМЧУК, С.М. ТОКАРЧУК, О.В. ТОКАРЧУК

The article describes the main aspects of technique of creation of the electronic ecologo-geographical atlases, which includes a description of the implemented electronic atlases, life cycle, stages of development and creation, and implementation of key moments of the creation of the ecologo-geographical atlases

Ключевые слова: электронный атлас, атласная система, методика, бассейн реки Щара, Брестская область

Основанием для выполнения данного исследования послужило несколько факторов. Во-первых, в связи с ухудшением экологической обстановки и сильной антропогенизацией окружающей среды значительной популярностью стали пользоваться экологические электронные атласы, которые, используя картографические изображения и другую форму наглядности, предлагают в доступной форме рассмотреть эколого-географические особенности территории. Во-вторых, создание электронных атласов требует определенных знаний, таким образом, возникает необходимость в разработке методики их выполнения.

Цель работы – разработка методики создания электронных эколого-географических атласов для административных (область) и природных (бассейн реки) территорий.

Одним из основных результатов исследования является реализация двух атласов: «Эколого-гидрографического атласа Брестской области» и «Ландшафтно-экологического атласа бассейна реки Щара». Создание эколого-гидрографического атласа Брестской области рассматривается как логическое завершение самостоятельного исследования – эколого-гидрографического анализа территории, нацеленного на определение условий и свойств, которые характеризуют окружающую среду с точки зрения ее воздействия на процесс формирования поверхностных вод. Для верстки Атласа использовался шаблон электронных учебно-методических комплексов, создаваемых в университете, в формате *.pdf. Цель создания атласа бассейна реки Щара – объединить в единую атласную систему результаты научной работы «Ландшафтно-экологический анализ бассейна реки Щара», на примере которой разработать и апробировать методику создания региональных электронных эколого-географических атласов. Данный атлас состоит из четырех независимых друг от друга атласов, которые отличаются наборами содержательных элементов, сверстаны в разных оболочках и могут использоваться как единая атласная система либо независимо друг от друга.

При создании данных электронных атласов были описаны основные методические особенности проектирования атласов: жизненный цикл развития и основные этапы разработки и создания атласов. Кроме того, на основании представленных атласных систем разработана методика, которая включает анализ основных ключевых моментов создания атласов: характеристика источников информации (картографические источники, данные дистанционного зондирования, статистические данные, собственные исследования, литературные источники), краткое описание элементов содержания атласа (карты и картосхемы, иллюстративно-табличный материал, схемы, таблицы, текст и др.), анализ наличия и сочетания структурных элементов атласов (введение, методика исследования, собственно атлас, список используемых источников и т.д.) и способов их верстки.

Представленная методика может использоваться для создания узкоспециализированных и локальных проектов на базе выполненных атласов, а также для разработки и создания электронных атласов различной тематики. Кроме того, созданные атласы могут использоваться для информирования государственных органов и населения об экологических особенностях рассматриваемых территорий. Отдельные результаты исследования реализованы в рамках гранта БРФФИ «Разработка электронного эколого-гидрографического атласа Брестской области». Созданные атласы используются в учебном процессе на географическом факультете БрГУ имени А.С. Пушкина.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ПОЛУЧЕНИЕ ШАМПУНЯ
НА ОСНОВЕ ПРЕПАРАТА ПАВ GENAPOL LRO И ПВП****Л.Д. ФИРСОВА, Ж.В. БОНДАРЕНКО, Г.Г. ЭМЕЛЛО**

The surface-active properties and foam foaming of GENAPOL LRO specimen in its water solutions in presence of surfactants was studied. There was schampoo composition developed and experimental sample obtained

Ключевые слова: препарат ПАВ, высокомолекулярные соединения, поверхностно-активные свойства, пенообразующая способность, свойства пен

Среди разнообразия выпускаемых промышленностью косметических средств существенная доля приходится на гигиенические моющие средства (ГМС) – шампуни, гели для душа, пены для ванны и др. Основным средством, предназначенным для очищения волос и кожи головы, является шампунь.

Современной тенденцией при разработке шампуней является создание рецептур многофункциональных средств, способных не только очистить кожу головы и волосы от загрязнений, но и придать им ряд дополнительных положительных свойств. Поэтому рецептуры шампуней, помимо поверхностно-активных, содержат ряд вспомогательных веществ – полимеры, биологически активные вещества, экстракты лекарственных растений, эфирные масла, витамины, антибиотики, микроэлементы и др. ПАВ обеспечивают моющее действие, солюбилизацию нерастворимых в воде ингредиентов, стабилизацию систем, высокомолекулярные соединения применяются как загустители, антистатики, пленкообразователи и др. При совместном использовании ПАВ и ВМС, молекулы ВМС попадают в адсорбционный слой на границе двух фаз и влияют на эффективность действия ПАВ. Понимание механизмов протекающих процессов и их влияния на свойства конечного продукта является важным при разработке составов косметических средств, что свидетельствует об актуальности проводимых в данном направлении исследований.

Целью работы являлась разработка рецептуры шампуня на основе изучения влияния ВМС на свойства водных растворов препарата ПАВ GENAPOL LRO. Препарат ПАВ GENAPOL LRO представляет собой смесь диэтоксилаурилсульфата и диэтоксимиристилсульфата натрия – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11,13}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_2\text{OSO}_3\text{Na}$. В качестве ВМС использовали поливинилпирролидон (ПВП) – синтетический полимер линейного строения со средней молекулярной массой 8000 и гидроксипропилтримониум хлорида гуара (ГПТХГ) – катионный полимер, производное разветвленного галактоманнана.

Исследованы поверхностно-активные свойства водных растворов ПВП, ГПТХГ и препарата GENAPOL LRO. Установлено, что ПВП не проявляет поверхностно-активных свойств, ГПТХГ – является поверхностно-инактивным веществом, а препарат ПАВ обладает значительной поверхностной активностью. Определено также, что добавление ПВП понижает поверхностное натяжение водных растворов ПАВ, а введение ГПТХГ приводит к незначительному увеличению этого показателя.

Изучена пенообразующая способность растворов препарата ПАВ и растворов ПВП и ГПТХГ, а также влияние ВМС на пенообразование, устойчивость пен, кинетику их разрушения, плотность и кратность.

На основании полученных экспериментальных данных и их анализа выбраны расходы основных компонентов для получения образца шампуня: препарата GENAPOL LRO – 100 г/л, препарата со-ПАВ COMPERLAN KD – 20 г/л, ПВП – 1 г/л. Подобрана рецептура шампуня и в лабораторных условиях получен его образец. Образец обладает высокой пенообразующей способностью, а полученная из него пена отличается высокой устойчивостью и плотностью. Средство имеет близкое к нейтральному значение pH (6,5), а также вязкую консистенцию. Анализ полученных данных показал соответствие экспериментального образца по органолептическим и физико-химическим показателям требованиям СТБ 1675-2006 «Изделия косметические гигиенические моющие. Общие технические условия».

©БГТУ

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Д.С. ХАРИТОНОВ, И.И. КУРИЛО, Е.В. КРЫШИЛОВИЧ

The research of the possibility of the usage of electrochemical methods to increase the recovery rate of vanadium components from the industrial wastes has been made. It is shown that electrochemical oxidative leaching increases the recovery rate up to 60% that is 15% higher than in chemical leaching process

Ключевые слова: ванадийсодержащие отходы, электрохимическая переработка, электродный потенциал, хроновольтамперометрические исследования

Комплексная переработка промышленных отходов, содержащих ценные металлические компоненты, широко реализуется во всем мире. Одним из приоритетных направлений в этой области является разработка высокоэффективных технологий переработки ванадийсодержащих промышленных отходов, в том числе отработанных ванадиевых катализаторов (ОВК) сернокислотного производства и ванадийсодержащих шламов газомазутных ТЭС.

Целью работы являлось изучение возможности использования электрохимических методов для увеличения степени извлечения ванадийсодержащих компонентов из ванадийсодержащих промышленных отходов и интенсификации процесса их переработки.

Объектом исследований являются отработанные ванадиевые катализаторы сернокислотного производства типа сульфованадат на силикагеле (СВС) марки А, которые наиболее широко используются на предприятиях Республики Беларусь, а также шламы ТЭС. В качестве фонового электролита электрохимического выщелачивания использовали растворы соляной и серной кислот. Электролиз проводили в двухкамерном электролизере, анодное и катодное пространство которого были разделены хлориновой диафрагмой. В качестве анода использовали графит, катода – сталь марки Ст3. Проведенные исследования показали, что максимальная степень выщелачивания ванадийсодержащих соединений из ОВК достигается при катодной поляризации в сернокислых электролитах при плотности тока 1–5 А/дм². Катодная поляризация ОВК в течение 1 часа позволяет увеличить скорость процесса растворения в 9 раз по сравнению со скоростью выщелачивания соединений ванадия в водных растворах, при этом степень извлечения ванадийсодержащих соединений составляет около 95%, общая потеря массы ОВК – более 60% от массы исходной навески. В процессе электрохимической обработки растворов выщелачивания ОВК в прикатодной области формируется осадок, содержащий около 40% ванадия.

Процесс анодного окисления компонентов раствора катодного выщелачивания проводили в электролизере с донным графитовым анодом при плотностях тока 1 и 5 А/дм². При анодной плотности тока 5 А/дм² максимальное содержание соединений ванадия (V) в растворе достигается после одного часа анодной поляризации. В процессе термогидролиза электролитов, окисленных электрохимическим методом, из растворов извлекается до 95 мас.% V₂O₅.

Установлено, что проведение процесса окислительного выщелачивания ванадийсодержащих шламов ТЭС в солянокислых растворах оптимально проводить при анодной плотности тока 4 А/дм², что позволяет увеличить степень выделения ванадия до 60%, что на 10–15% больше по сравнению с химическим выщелачиванием в солянокислых окислительных средах. Содержание ванадия в продукте, выделенном из растворов выщелачивания в процессе термогидролиза, в пересчете на V₂O₅ составляет около 70 мас.%.

Таким образом, использование электрохимических способов в процессе комплексной переработки ОВК и ванадийсодержащих шламов ТЭС позволяет интенсифицировать процесс переработки ванадийсодержащих промышленных отходов и увеличить степень извлечения ванадия. Использование электрохимических способов переработки позволяет получать ванадийсодержащие компоненты с высоким содержанием V₂O₅, отвечающим требованиям ТУ на данный реагент.

©ИПНК ИТМО НАН Б

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЕНИЯ СМЕСЕЙ ГЕПТАНА С КИСЛОРОДОМ И ВОЗДУХОМ В ДЕТОНАЦИОННОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

И.И. ЧЕРНУХО, М.С. АССАД

These investigations devoted to the study of the thermodynamic characteristics of the pulse detonation mode in mixture of heptanes, oxygen and air in a wide range of initial temperatures and the coefficient of stoichiometry in the combustion chamber. As a result of research first implemented pulsating detonation in mixture of heptanes, air and oxygen in a small combustion chamber. It has been shown that stable mode of detonation of mixture of heptanes, oxygen and air is carried out at $\varphi = [0.90-1.20]$

Ключевые слова: горение, детонация, коэффициент стехиометрии, давление

В последнее время большое внимание уделяется исследованию сжигания топлива, в частности жидкого, в технических устройствах в бегущей детонационной волне [2, с. 284-286]. Это связано с термодинамическим преимуществом детонации перед обычным горением и простотой конструкции детонационных установок. Работа посвящена исследованию термодинамических характеристик (скорость ДВ, давление на фронте ДВ и сила тяги) пульсирующего детонационного режима в смесях гептана с кислородом и воздухом в широком диапазоне начальной температуры ($T_0 = 16...110$ °С) и коэффициента стехиометрии ($\varphi = 0,8...1,9$) в детонационной камере сгорания.

Экспериментальные исследования детонации в предварительно не перемешанной смеси гептана с воздухом и кислородом проводились в детонационной камере сгорания из нержавеющей стали длиной 600 мм и внутренним диаметром 20 мм. Давление в камере контролировалось с помощью высокочастотных датчиков давления расположенных вдоль трубы. Тяговое усилие измерялось с помощью датчика тяги, расположенного на задней стенке камеры сгорания.

В результате экспериментов для различного начального давления компонентов смеси впервые реализован пульсирующий режим детонации в смесях гептана с воздухом, обогащенных кислородом, в малогабаритной камере в широком диапазоне начальной температуры и коэффициента стехиометрии. Это дает основание полагать, что разработанная импульсная камера сгорания служит базовой версией для двигателя нового поколения – детонационного двигателя.

Согласно результатам исследования (Рис. 1) было установлено, что устойчивый режим детонации смесей гептана с кислородом и воздухом осуществляется при $\varphi = [0.90-1.20]$. В области богатых смесей скорость волны падает и при $\varphi > 1.8$ режим становится дефлаграционным, т.е. имеет место обычное горение [1, с. 184–189].

Также было установлено, что переход горения в детонацию имеет прямую зависимость от начальной температуры смеси. Таким образом, можно заключить, что вклад коэффициента избытка горючего и начальной температуры смеси в переход горения в детонацию велик, что дает возможность для варьирования тяговыми характеристиками пульсирующего детонационного двигателя в широком диапазоне условий.

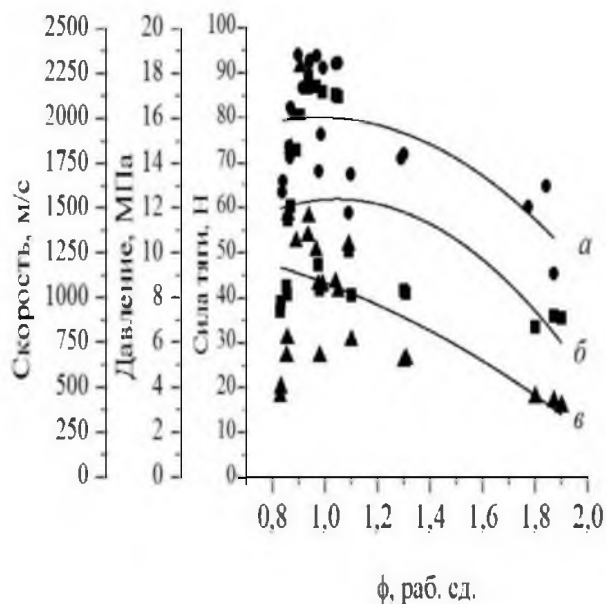


Рис. 1. Общая зависимость термодинамических характеристик от коэффициента стехиометрии: а – сила тяга, б – скорость, в – давление

Литература

1. Ассад М.С., Пенязков О.Г., Севрук К.Л., Чернухо И.И. Скорость детонации в гептан-воздушных смесях, обогащенных кислородом, в малогабаритной трубе // Тепло- и массообмен-2013. Минск: Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2014. – С. 184–189.
2. Assad M.S., Penyazkov O.G. Detonation in Heptane / Oxygen / Air Mixtures in a Pulsed Combustor // Proc. of 2013 International Autumn Seminar on Propellants, Explosives and Pyrotechnics (2013 IASPEP). September 24–27. – Chengdu, Sichuan Province, China, 2013. – С. 284–286.

©БГУ

РАЗНООБРАЗИЕ ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПЕКТОЛИТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ЗАБОЛЕВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ В БЕЛАРУСИ

М.И. ШАВЕЛЬ, Е.И. КОМАР, А.Г. ПЕСНЯКЕВИЧ

The research studied strains of bacteria were divided into three groups. Strains 1a group identified as *Pectobacterium carotovorum*. Strains which belong to group 1b, we have identified as *Pectobacterium atrosepticum*. The group 2 consisted strains, some properties of them are close to the bacteria of the genus *Pectobacterium*. The results of PCR with primers for *hrpW*, *hrpL*, *hrpJ*, *hrpN* shown that not all of the primer pairs can be used for accurate species identification of gram-negative pathogenic pectolytic bacteria. Among the investigated during the experiment pectolytic strains of bacteria of the genus *Dickeya* were not found

Ключевые слова: бактериоз, картофель, *Pectobacterium carotovorum*, *Pectobacterium atrosepticum*, поражения

Для исследования использовались штаммы грамотрицательных пектолитических фитопатогенных бактерий, изолированные из образцов картофеля разных сортов с различными симптомами поражения, собранных на территории Беларуси в 2004, 2011 и 2012 гг. сотрудниками РУП «Институт защиты растений» (Прилуки).

В работе использовались коллекционные штаммы *Erwinia chrysanthemi* (*Dickeya dadantii*) ENA49, *Pectobacterium carotovorum* (*Pca*) j289 и 3-2 из коллекции фитопатогенных микроорганизмов кафедры микробиологии, а также штаммы *Pca* 2a и 14a, *Pectobacterium atrosepticum* SCRI 1043, 21a, 36a из коллекции фитопатогенных микроорганизмов кафедры молекулярной биологии биологического факультета БГУ.

Определение фенотипических свойств исследуемых штаммов (определение грампринадлежности с раствором КОН, тест Хью-Лейфсона, наличия каталазы, оксидазы, нитратредуктазы, уреазы, арги-

ниндегидролазы, амилазы, лецитиназы, липазы, определение роста при различных температурах, устойчивости к различным концентрациям хлорида натрия и чувствительности к эритромицину, определение способности утилизировать различные углеводы в качестве единственного источника углерода и энергии) проводили согласно стандартным методам, описанным в руководствах по идентификации бактерий [1-4].

Патогенность выделенных культур оценивали по способности вызывать деградацию пектиновых веществ, мягкую гниль ломтиков картофеля, синтезировать и секретировать в окружающую среду целлюлазы [2].

Для проверки способности вызывать реакцию гиперчувствительности в листьях табака и бобов готовили суспензии клеток исследуемых штаммов в физиологическом растворе, содержащие 10^9 кл/мл ($ОП_{620}=1,0$). По 10 мкл суспензии инокулировали в паренхиму листьев табака и бобов с помощью шприца. Проявление реакции гиперчувствительности оценивали визуально через 24 часа.

Для проверки способности поражать молодые вегетирующие растения и вызывать мягкую гниль использовали клубни картофеля. Для этого готовили суспензии клеток исследуемых штаммов в физиологическом растворе, содержащие 10^9 кл/мл ($ОП_{620}=1,0$). По 10 мкл суспензии инокулировали в паренхиму междоузлий стеблей с помощью шприца. Проявление симптомов заболевания оценивали визуально каждые 24 часа в течение недели. Поверхностно стерилизованные клубни картофеля сорта Скарб заражали путем введения при помощи автоматической пипетки 20 мкл суспензий клеток изучаемых культур микроорганизмов. Зараженные клубни помещали на 3 дня в полиэтиленовые пакеты и выдерживали при 28 °С. Результаты теста считали положительными при развитии симптомов некроза растительной ткани в области инокуляции и распространению возбудителей по клубню с дальнейшей мацерацией пораженных участков.

Исследование проводилось на чистых культурах микроорганизмов, выделенных из образцов картофеля различных сортов с различными симптомами поражения. В качестве контроля использовали штаммы *P. carotovorum* (Pca) 3-2 и j282, *P. atrosepticum* (Pat) SCRI 1043, которые изучались параллельно с исследуемыми штаммами.

Первичная идентификация выделенных штаммов заключалась в определении наличия факторов патогенности: способность вызывать деградацию пектиновых веществ, мягкую гниль ломтиков картофеля, синтезировать и секретировать в окружающую среду целлюлазы. При наличии хотя бы одного из исследуемых признаков штаммы оставляли для дальнейшего изучения морфологии, культуральных и физиолого-биохимических свойств. По морфологии исследуемые штаммы являются грамотрицательными мелкими подвижными палочковидными бактериями.

Вторым этапом нашего исследования являлось изучение физиолого-биохимических свойств штаммов. Представители всех групп, включая коллекционные штаммы, имеют ферментативный тип метаболизма, имеют каталазу и способны восстанавливать нитраты, не образуют оксидазу, адениндегидролазу, уреазу и не обладают липазной активностью. Представители 2 группы обладают лецитиназной активностью. Представители группы 1а растут при 7% хлорида натрия в питательной среде, у штаммов группы 1б – при 4% наблюдается хороший рост, при 5% наблюдается подавление роста, только в верхней части штриха либо скудный рост по штриху. Штаммы группы 2 при 7% растут плохо, но хорошо – при 6% хлорида натрия в среде. Максимальная температура, при которой способны расти штаммы группы 1а 36 °С, однако характеризуются скудным ростом, при дальнейшем повышении температуры инкубирования рост отсутствует. Для группы 1б температурный предел составляет 34 °С, при этой температуре наблюдается рост, но очень незначительный. Представители 2 группы способны хорошо расти при температуре 38 °С.

Как и ожидалось, значительную часть выделяемых из поврежденных гнилями клубней картофеля составляют бактерии близкие к представителям рода *Pectobacterium*. В наших исследованиях они составляют группу 1. Разделение первой группы на две подгруппы, основанное на различиях фенотипических свойств, отражает различия видового порядка. На основании морфологических и физиолого-биохимических характеристик, а также по характеру поражения тканей клубней и стеблей картофеля при экспериментальном заражении суспензией бактерий, представители данной группы были дифференцированы как *Pectobacterium carotovorum* (группа 1а) и *Pectobacterium atrosepticum* (группа 1б).

Представители 2 группы по основным физиолого-биохимическим характеристикам близки к *P. carotovorum*. Однако отнести их в эту группу нельзя, так как они различаются по некоторым диагностически важным тестам.

На следующем этапе была осуществлена идентификация бактерий с применением молекулярно-биологических методов исследования, а именно амплификация генов с использованием праймеров,

специфичных к определенным генам изучаемых родов и видов бактерий (*Pectobacterium carotovorum*, *Pectobacterium atrosepticum* и *Dickeya spp.*). С этой целью из всех исследованных бактерий была выделена хромосомная ДНК с использованием СТАВ. Амплификацию проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в смеси стандартного состава [5] с Taq-полимеразой производства Sigma, с использованием программируемого термостата Applied Biosystems Veriti 96 Well Thermal Cycler с градиентом температур. Добавляли полимеразу в общую реакционную смесь непосредственно перед загрузкой в амплификатор. Амплификацию проводили в течение 35 циклов, объем реакционной смеси был 10 мкл.

Первоначально для видовой идентификации грамотрицательных пектолитических бактерий методом ПЦР мы использовали пары праймеров специфичных к генам *hrpJ*, *hrpN*, *hrpL* и *hrpW*. ПЦР проводили с использованием в качестве матрицы клеток коллекционных штаммов *P. carotovorum* 3-2 и j289, *P. atrosepticum* SCRI 1043 и *Erwinia chrysanthemi* ENA 49, а также растворов хромосомной ДНК коллекционных штаммов *Pat* 21a, 36a и *Pca* 2a, 14a. Использование праймеров к гену *hrpL* дает нам возможность разделения грамотрицательных пектолитических фитопатогенных бактерий на самых ранних стадиях идентификации, а именно для идентификации бактерий рода *Pectobacterium*. При ПЦР-диагностике с парой праймеров *hrpLf/hrpLr* ПЦР-продукты получились при использовании в качестве матрицы только ДНК штаммов рода *Pectobacterium*. Результатом данного этапа исследования также было то, что специфические праймеры к генам *hrpN* и *hrpJ* могут успешно применяться для достоверной видовой идентификации пектолитических бактерий вида *Pectobacterium carotovorum*, в связи с тем, что характерный продукт амплификации получается только в случае использования в качестве матрицы ДНК бактерий данного вида, как коллекционных штаммов, так и выделенных нами.

Для характеристики использованных праймеров была поставлена серия экспериментов по изучению оптимальной температуры отжига для получения максимального количества продуктов амплификации. В качестве матрицы использовали ДНК и клетки коллекционных штаммов бактерий *Pectobacterium sp.* и *Dickeya sp.* Следует отметить, что температура отжига праймеров в пределах 54-58 °C существенно не влияет на количество ПЦР-продукта при амплификации с праймерами, специфичными к генам *hrpN*, *hrpJ*, и *hrpL*. При дальнейшем повышении температуры отжига количество продуктов уменьшилось.

На следующем этапе проводили идентификацию бактерий вида *Pectobacterium atrosepticum* с применением молекулярно-биологических методов исследования, а именно амплификация генов с использованием специфических праймеров Y45/Y46, *cfa6f2/cfa6r2* и *cfa6f/cfa6r*. В качестве матрицы для амплификации использовали ДНК и клетки штаммов, идентифицированных нами с помощью физиолого-биохимических характеристик как *P. atrosepticum*, а также со всеми коллекционными штаммами. Использовались клетки штаммов *Dickeya dadantii* ENA 49; *Pca* j289 и 3-2; *Pat* 36a, 21a и SCRI 1043, а также ДНК штаммов *Pca* 3-2, 2a и 14a; *Pat* 21a и 36a.

При использовании специфических праймеров Y45/Y46 ПЦР-продукты образовались при амплификации с использованием в качестве матрицы как ДНК, так и клеток контрольных штаммов *Pectobacterium atrosepticum* 21a, 36a и SCRI 1043, а также выделенного нами из пораженного картофеля штамма 13-4. Остальные 8 штаммов, идентифицированных предварительно как *P. atrosepticum*, продуктов амплификации не дали. Это может свидетельствовать о том, что они не являются *P. atrosepticum*.

Следует отметить, что ПЦР-продукты при амплификации с парой праймеров *cfa6f2/cfa6r2* образовались с использованием в качестве матрицы как ДНК так и клеток контрольных штаммов *P. atrosepticum* 21a, 36a и SCRI 1043, а также выделенного нами из пораженного картофеля штамма 13-4. Интересным является то, что несколько выделенных нами из мацерированного картофеля штаммов *P. carotovorum* (26-2, 35-1-2), а также контрольный штамм *Pca* j289 дали продукты амплификации, что может свидетельствовать либо о недостаточной специфичности праймеров, либо существовании переходных форм между *Pca* и *Pat*.

В результате амплификации с использованием пары праймеров *cfa6f/cfa6r* специфические ПЦР-продукты образовались лишь с использованием в качестве матрицы ДНК и клеток контрольных штаммов *P. atrosepticum* 21a, 36a и SCRI 1043.

Необходимо отметить, что не все штаммы, классифицированные по результатам предварительной физиолого-биохимической характеристики как *Pectobacterium atrosepticum*, идентифицированы с использованием специфических праймеров как бактерии данного вида.

По литературным данным известно, что на территории России были идентифицированы как возбудители заболеваний картофеля бактерии рода *Dickeya* [6-8]. К настоящему времени в Российской

Федерации заболевание картофеля, вызванное возбудителями данного вида, обнаружено в ряде регионов страны, в том числе в Воронежской, Московской и Нижегородской областях. Погодные условия вегетационных сезонов 2008-2010 гг. могли спровоцировать проявление, а затем способствовать широкому распространению новой формы черной ножки. Тесные торговые отношения с Россией могут способствовать распространению данного возбудителя и на территорию нашей республики. Для подтверждения возможного присутствия в Беларуси *Dickeya* spp. (ранее *Erwinia chrysanthemi* [9]) была предпринята попытка обнаружения среди исследуемых штаммов грамотрицательных пектолитических бактерий представителей рода *Dickeya* с использованием метода ПЦР со специфическими праймерами ADE1/ADE2. Следует отметить, что ПЦР-продукт ожидаемого размера был только в случае с матричной ДНК контрольного штамма *Dickeya dadantii* ENA49. Следовательно среди исследуемых нами штаммов представителей рода *Dickeya* не обнаружено.

Литература

1. Bradbury J. F. Guide to plant pathogenic bacteria. Wallingford, UK: CABI, 1986.
2. Желдакова Р.А., Мямин В.Е. Фитопатогенные микроорганизмы. Мн., 2006 – 115 с.
3. Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology: The Proteobacteria: in 2 Vols. // Edited by Don J. Brenner, Noel R. Krieg, George M. Garrity, James T. Staley. - 2 edition. -USA: Science, 2005. – 1388 p.
4. Goszczynska T., Serfontein J.J., Serfontein S. Introduction to practical phytobacteriology. Safrinet, 2000. – 92 p.
5. Ausubel F.A., Brent R., Kingston R.E., Moore D.D., Seidman J.G., Smith J.A., Struhl K. Shot protocols in molecular biology in 2 Vols. New York, 2002. – 1512 p
6. Карлов А.Н., Зотов В.С., Пехтерева Э.Ш., Матвеева Е.В., Джалилов Ф.С., Фесенко И.А., Карлов Г.И., Игнатов А.Н. *Dickeya dianthicola* – новый для России бактериальный патоген картофеля // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 3. – С.134-141.
7. Карлов А. Н., Игнатов А. Н., Карлов Г. И. Диагностика бактериального патогена картофеля *Dickeya dianthicola* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 38-48.
8. Лазарев, А. М. Новый возбудитель бактериоза картофеля атакует российские поля / А. М. Лазарев // Защита и карантин растений. – 2013. – № 6. – С.11-15.
9. Samson R., Legendre J. B., Christen R., Fischer-Le Saux M., Achouak W. and Gardan L. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2005. – Vol. 55. – P. 1415-1427.

©ГИИ МЧС РБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИН В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

К.В. ШИНГИРЕЙ, В.О. ЧАЙКОВСКАЯ, С.Н. БОБРЫШЕВА, М.М. ЖУРОВ

The article presents the analyses of today's technologies for oil adsorbents and shows the possibility of production of not expensive absorbing materials for crude oil and oil products on the basis of home ingredients, which is especially important in Belarus with its highly developed oil pipework

Ключевые слова: адсорбенты, отбельные глины, диспергирование, нефть, аварийные разливы нефти

Территория Республики Беларусь является мощнейшим транзитным путём нефти из России в страны ближнего и дальнего зарубежья. В связи с этим вероятность загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами весьма высока. Решением проблемы является создание эффективных экологически безопасных и экономически выгодных адсорбентов нефти и нефтепродуктов. Эффективность таких материалов зависит от адсорбционной активности, которая, в свою очередь, определяется характером пористости, величиной удельной поверхности и особенностями кристаллической структуры адсорбента.

В качестве таких материалов применяют природные не активированные глины (бентонитовые), которых на территории Беларуси достаточное количество. Это тонкодисперсные высокопластичные глины, основную роль в составе которых играет монтмориллонит. Способность таких глин расслаиваться, набухать и приобретать определенную степень дисперсности при гидратации и склонность к принудительному диспергированию под действием внешних нагрузок обуславливает их предпочтительное применение для получения адсорбентов. Процессы механохимического диспергирования проводились с использованием планетарной мельницы с добавками модификатора [1].

Основным достоинством и новизной разработки адсорбента является введение в его состав отбельных глин, применяемых в жировом производстве для очистки растительных масел и являющихся крупнотоннажным отходом этого производства. Отбельные глины – это активированные высококачественные бентониты. При их использовании в составе адсорбента исключается этап гидрофобизации, способствующий повышению его сродства к нефти и нефтепродуктам, так как гидрофобизирование отбельных глин происходит в основном процессе.

Анализ информационных источников в области разработки и использования минеральных ископаемых и результаты исследований показали возможность применения глинистых пород Беларуси в качестве адсорбентов нефти и нефтепродуктов [2].

Таким образом, был разработан эффективный адсорбент для сбора и локализации разливов нефти и нефтепродуктов, необходимый для обеспечения экологической безопасности в стране с разветвленной сетью коммуникаций и предприятий по транспортировке, переработке и использованию нефти и нефтепродуктов. Кроме того, подобные материалы экологичны, доступны, просты в использовании и утилизации. По результатам работы подана заявка на патент.

Литература

1. Журов М.М., Бобрышева С.Н. Разработка наноразмерных алюмосиликатных адсорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов. // Чрезвычайные ситуации: теории, практика, инновации: сб. материалов международной науч.-практ. конференции, -В 2-х ч. Ч.1.- Гомель: ГИИ, 2010.-С.258-260.
2. Бобрышева С.Н., Журов М.М., Кашич Л.О. Новые результаты разработки отечественных адсорбентов для нефти и нефтепродуктов./ ЧС: образование и наука, №2 (7), 2012, - С.28-33.

©БрГТУ

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д.А. ШПОКА, А.А. ВОЛЧЕК

The paper discusses the change in the number of days with frost on the territory of Belarus and peculiarities of their formation in the period from 1975 to 2012 for 47 stations. The analysis of spatial-temporal variability of the number of days with rime, a separate sitting area smoothaway activity. estimate the impact of different landscapes on the distribution of frost on the territory of Belarus

Ключевые слова: изморозь, отложения, опасное метеорологическое явление

ВВЕДЕНИЕ

Изморозь – отложения льда на ветвях деревьев, проводах и т. п. при тумане в результате сублимации водяного пара – кристаллическая изморозь, а также намерзания капель переохлажденного тумана – зернистая изморозь [1]. В отличие от гололедных отложений, образование изморози происходит главным образом в антициклонических областях. Изморозевые отложения, как и гололед иногда становятся опасными метеорологическими явлениями и могут влиять на движение автомобилей, пешеходов, самолеты. Например, с 7 по 11.01.2006 г. в Беларуси при умеренно морозной погоде, на большей части территории наблюдалась изморозь, местами слабые гололеды, в отдельных районах отмечались гололедно-изморозевые отложения. Сложные отложения достигли значения опасного метеорологического явления 10 января на метеостанции Докшицы в период с 03.38 до 16.30, отметили – 39 мм и 12–13 января на метеостанции Новогрудок с 19.20–13.20 – 62 мм.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными исходными материалами при исследовании пространственно-временных изменений числа дней с изморозевыми отложениям на территории Беларуси послужили среднемесячные данные метеорологических ежемесячников ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» по 48 метеорологическим станциям за период с 1975 по 2012 гг. и статистические материалы сборника «Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси» [2]. Временные ряды количества дней в году с изморозевыми явлениями исследовались с помощью стандартных статистических методов. Пространственная изменчивость числа дней с изморозевыми явлениями оценивалась путем их картографирования.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Изморозь наблюдается при определенных температурных условиях. Для образования изморози требуются определенные температурные условия: зернистая – от 0 до -25°C , кристаллическая изморозь – от -1 до -43°C . Чаще всего изморозевые явления отмечаются на северо-востоке (Оршанско-Могилевской равнина, Оршанская возвышенность) – около 20 дней за год, реже на юго-востоке (Мозырское и Гомельское Полесье), западе (Волковысская возвышенность) Гродненской области – около 8–10 дней. За год наблюдается около 12 дней с гололедом. До 1987 г. (последнее современное потепление климата) отмечалось около 16 дней с изморозью, 1988 г. в период современного потепления климата количество дней с изморозью уменьшилось до 10. Весь период исследований был разбит на 3 этапа с учетом современного потепления климата. До последнего современного потепления климата (1988 г.) отмечалось около 15 дней с изморозью, с 1988 по 1999 г. – около 9 дней, с 2000-х годов XXI в. наблюдается незначительный рост числа дней с изморозью – около 10 дней. В холодный пе-

риод, с ноября по март, изморозь отмечается практически ежегодно. В последние годы наблюдается тенденция в сторону уменьшения количества дней с изморозью.

Литература

1. СТБ 1406–2003 (ГОСТ Р 22.1.07–99, MOD). – Введ. 01.01.04. 2003. – 19 с.
2. Метеорологический ежемесячник. – Ч. 2, № 1–13. – Минск. – 1975–2008.

©БГТУ

СИНТЕЗ ПИГМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

А.А. ЯРОШУК, И.И. КУРИЛО, Е.В. КРЫШИЛОВИЧ

The solvothermal method for the synthesis of mixed iron and bismuth vanadate has been used. Color and physicochemical properties of the obtained samples (oil absorption, the particle size) were determined. It is shown that vanadates can be used as a replacement for chromate-based pigments

Ключевые слова: ванадийсодержащие отходы, пигменты, ортованадат висмута, сольвотермический синтез

В настоящее время наиболее распространенным методом защиты металлов от коррозии является применение лакокрасочных покрытий (ЛКП). Соединения хрома (VI), широко используемые в рецептурах ЛКП в качестве пигментов являются канцерогенами и запрещены к использованию во многих странах. В связи с современными экологическими требованиями приоритетным направлением в лакокрасочной промышленности является производство нетоксичных антикоррозионных пигментов, способных заменить хроматные пигменты.

Одной из альтернатив хроматным пигментам являются пигменты на основе ванадатов металлов, среди которых наибольший интерес представляет желтый пигмент ортованадат висмута. Данный пигмент является более дорогим продуктом, чем соединения свинца, однако имеет более высокую красящую силу и более чистый оттенок.

Для снижения себестоимости и получения более широкой цветовой гаммы пигментов целесообразно в составе ортованадата висмута проводить полную или частичную замену висмута или ванадия на более дешевые компоненты.

Целью представленной работы было изучение возможности использования сольвотермического метода для синтеза смешанных ортованадатов висмута и железа, пригодных для использования в качестве лакокрасочных пигментов.

Синтез смешанных ванадатов железа и висмута осуществляли сольвотермическим методом с использованием в качестве прекурсоров водных растворов метаванадата натрия, сульфата железа (III) и нитрата висмута. Метаванадат натрия предварительно растворяли в щелочи при мольном соотношении 1:3, с образованием ортованадата натрия.

В ходе исследований раствор нитрата висмута приливали к раствору сульфата железа при мольном соотношении компонентов $n(\text{Bi}) : n(\text{Fe})$ равном 1:0; 3:1; 1:1; 1:3 и 0:1.

При добавлении раствора висмута и железа к раствору ортованадата натрия образуется осадок от светло-коричневого до темно-коричневого цвета в зависимости от мольного соотношения Bi к Fe (III).

По данным РФА, полученные образцы имеют кристаллическую структуру. Методом EDX установлено, что мольное соотношение $\text{Bi} : \text{V}$ в составе синтезированного ортованадата висмута составляет 0,9, что, возможно, свидетельствует о наличии в нем незначительных количеств примесей V_2O_5 , мета- и поливанадатов. При увеличении концентрации сульфата железа в исходном растворе происходит накопление в основном продукте доли ванадатов железа.

Изучение размерных характеристик полученных пигментов показало, что преобладающий размер частиц синтезированных образцов составляет до 10 мкм.

Маслоемкость полученных образцов сравнима с маслоемкостью высокоосновных хроматов цинка (30 г/100 г пигмента), что определяет относительно невысокую стоимость лакокрасочного материала на их основе.

Таким образом в результате сольвотермического синтеза получены порошки различной цветовой гаммы (от желтого до темно-коричневого цвета) с размерно-морфологическими характеристиками и физико-химическими свойствами, которые отвечают требованиям, предъявляемым к пигментам, применяемым в лакокрасочной промышленности. Проведенные исследования показывают, что ортованадат висмута, а также смешанные ортованадаты висмута и железа могут использоваться в качестве экологически безопасных пигментов для лакокрасочной промышленности.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ С ВКЛЮЧЕНИЕМ НАНОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В. ЯСКЕЛЬЧИК, И.М. ЖАРСКИЙ

The physicochemical properties of composite electrochemical coatings copper-UDD deposited from citrate electrolyte copper plating have been investigated. The influence of the presence of ultradispersed diamonds in electrolyte on hardness, wear resistance, porosity, adhesion, diffusing capacity of the obtainable composite electrochemical coatings has been established

Ключевые слова: композиционные электрохимические покрытия (КЭП), меднение, цитратный электролит

По мере развития гальванотехники все большее распространение получают композиционные покрытия, которые наносятся из электролитов суспензий, т.е. электролитов, модифицированных добавками высокодисперсных порошков или микроволокон, когда частицы дисперсной фазы при электроосаждении зарастаются металлом, закрепляясь на поверхности изделия в металлической матрице [1].

Композиционные покрытия получают в тех случаях, когда предусматривается модифицирование поверхности металлических изделий для придания им новых свойств (повышение коррозионной устойчивости, снижение трения и износа, увеличение твердости и т.д.). Благодаря чему КЭП находят широкое применение в машиностроении, приборостроении, химической промышленности и т.д. [2].

Эффективность использования композиционных электрохимических покрытий (КЭП) во многом определяется природой дисперсной фазы. В качестве дисперсной фазы в электролиты вводят твердые композиционные частицы, размеры которых, как правило, не превышают 3–5 мкм и в отдельных случаях составляют несколько десятков нанометров. В последнее время все более активно исследуются композиционные покрытия, модифицированные наноразмерными частицами [1].

Применительно к медным покрытиям включение наноразмерных композиционных частиц и, в частности, частиц УДА может способствовать осаждению плотных мелкозернистых покрытий. При этом покрытия медь–УДА могут быть альтернативой медным покрытиям.

Для осаждения композиционных покрытий было необходимо выбрать электролит, из которого образуются осадки с наилучшими характеристиками. Кислые электролиты обладают высокой скоростью осаждения, но дают крупнокристаллические осадки и им присущ контактный обмен, который снижает качество покрытия и адгезионные свойства. Из ряда щелочных электролитов наибольшее применение в различных областях промышленности нашли цианистые, пирофосфатные и этилендиаминовые. Обладая высокой рассеивающей способностью и хорошей электропроводностью они обеспечивают получение высококачественных мелкокристаллических осадков, имеющих надежное сцепление с большинством металлов и сплавов. Вместе с тем в пирофосфатных и этилендиаминовых электролитах имеет место и контактное вытеснение при нанесении покрытий на стальную и чугунную подложку. Пирофосфатные электролиты работают при повышенных температурах, а также имеют невысокую стабильность вследствие гидролиза. Наиболее высококачественные покрытия дают цианистые электролиты, однако их широкое применение ограничено высокой токсичностью. В связи с данными недостатками возникла необходимость поиска электролита, который удовлетворяет весь спектр вышеперечисленных свойств.

Исследование проводили из электролита следующего состава (г/л): $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 50-150; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 50-350; NaCl – 2-50; лимонная кислота – 30-70; NaOH до $\text{pH}=7,5-8,5$ [3,4]. Лимонная кислота в электролите выполняет ряд функций, благодаря которым он приобретает высокие технологические и эксплуатационные свойства. Во-первых, комплекс на основе меди и лимонной кислоты полностью устраняет контактный обмен и поэтому в момент загрузки деталей исключается необходимость подачи тока (в отличие случая с этилендиаминовым электролитом), что существенно упрощает технологичность процесса, так как подвод электричества к движущимся частям (технологическому спутнику и деталям) является сложной задачей. В момент запуска ванны не нужно применять импульс тока, который используется для увеличения адгезии покрытия к основе. Во-вторых, комплекс на основе меди и лимонной кислоты способствует осаждению плотного мелкокристаллического медного осадка, что улучшает его защитные свойства. В-третьих, позволяет повысить устойчивость электролита к гидролизу. В-четвертых, лимонная кислота и сульфат аммония выполняет роль депассиваторов анодов за счет растворения оксидных пленок, в результате чего увеличивается анодная плотность тока и повышается стабильность работы электролита.

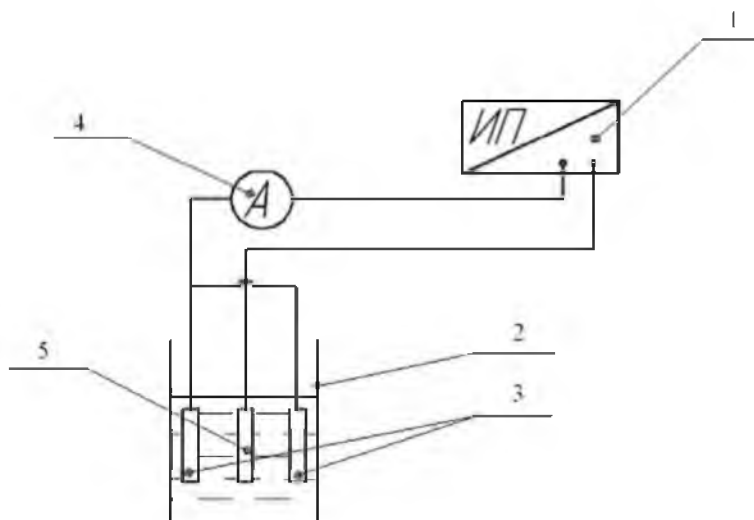


Рис.1. Схема экспериментальной установки осаждения композиционных электрохимических покрытий на чугунную и стальную основы:
1 – источник постоянного тока; 2 – ячейка; 3 – аноды из меди; 4 – стальной катод; 5 – амперметр

Кислотность (pH) электролита поддерживали рН-метром рН-150 с точностью $\pm 0,05\%$. Уровень рН до нужного значения корректировали концентрированной серной кислотой и NH_3 . Микрофотографии покрытий и поперечного шлифа получали на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JEOL JSM-35CF. Элементарный состав образцов определяли методом электронно-зондового микроанализа на рентгеновском микроанализаторе (РМА) энергодисперсионного типа Link 860. Износостойкость определялась на истирающей машине. Диспергирование образовавшихся конгломератов ультрадисперсного алмаза проводили с помощью ультразвуковой (УЗ) ванны марки ферропласт ВУ-09-«Я-ФП»-0,2(1,7л). УЗ воздействию электролит подвергался в течении 30 минут в гальванической ванне с донным расположением излучателя с частотой УЗ колебаний 22 кГц. Определение пористости покрытий проводили методом наложения фильтровальной бумаги согласно ГОСТ 9.302-88 «Покрyтия металлические и неметаллические органические». Анодами служили медные пластины марки М0, АМФ. Для получения композиционных электрохимических покрытий применяли источник постоянного тока марки DC POWER SUPPLY HY3020. Электрохимическая схема установки, применяемая для получения покрытия, показана на рисунке 1.

Осаждение медных композиционных электрохимических покрытий осуществлялось из цитратного электролита меднения с добавлением суспензии ультрадисперсных алмазов детонационного взрыва. В качестве катода «-» применялись чугун и углеродистая, в качестве анодов «+» – медные пластины.

В ходе исследований установлено, что без УДА качественные покрытия получаются при $i = 1,0 \div 1,7 \text{ А/дм}^2$. Введение УДА способствует расширению рабочего диапазон в области высоких плотностей тока ($i = 1,0 \div 3,0 \text{ А/дм}^2$), что является важной технологической характеристикой при реализации процесса в производственных условиях [5].

Результаты вольтамперометрических исследований представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 следует, что при увеличении концентрации УДА наблюдается смещение катодных поляризационных кривых в электроположительную область потенциалов и как следствие облегчение разряда меди из комплексного электролита. Данное явление можно связать с адсорбционно-десорбционными процессами УДА на поверхности катода, а также с уменьшением поверхностного натяжения при введении наноалмазов. Возможно до потенциала -100 мВ происходит химическое разрушение комплекса. Можно предположить, что дальнейшее увеличение потенциала в электроотрицательную область происходит благодаря протеканию разряда ионов меди у поверхности стального электрода. При потенциале катодные 300 мВ наблюдаются диффузионные ограничения, но благодаря повышению концентрации УДА до 2 г/л диффузионные ограничения снижаются и предельный ток увеличивается с $1,8 \text{ А/дм}^2$ до $2,4 \text{ А/дм}^2$. Последнее подтверждено данными ячейки Хулла. Вышеперечисленные закономерности характерны для диапазона концентраций УДА от $0,2 \text{ г/л}$ до 2 г/л , кроме электролита с содержанием наноалмаза $1,5 \text{ г/л}$. Для данной концентрации поляризационная кривая приближается к электролиту с концентрацией УДА $0,2 \text{ г/л}$, что можно связать с нарушением адсорбционно-десорбционного равновесия на поверхности УДА, в результате чего происходит уплотнение двойного электрического слоя и поэтому затрудняется диффузия комплексных ионов меди. При концентрации УДА 2 г/л данный эффект менее выражен и понижение предельной плотности тока может быть связано с высоким количеством УДА в объеме раствора, что приводит к затруднению диффузии ионов в растворе.

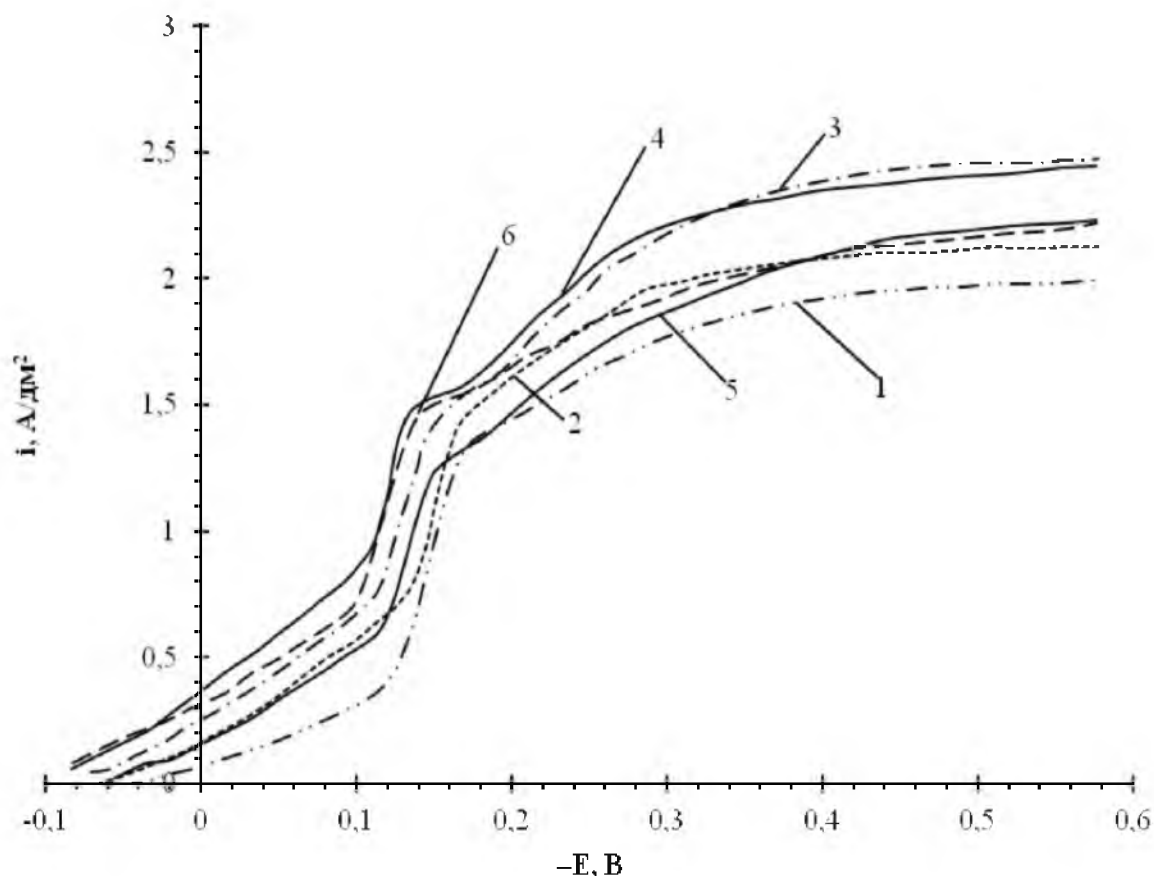


Рис. 2. Катодные поляризационные кривые при различных концентрациях УДА:
1 – без УДА; 2 – 0,2 г/л УДА; 3 – 0,5 г/л; 4 – 1,0 г/л; 5 – 1,5 г/л; 6 – 2,0 г/л.

По результатам проведенных коррозионных испытаний были построены диаграмм Эванса, из которых определили токи коррозии при различных концентрациях УДА в цитратном электролите меднения (рисунок 3). Полученные данные позволили судить о защитных свойствах полученного покрытия. Повышение токов коррозии при концентрации 0,2 и 0,5 г/л возможно связано с недостаточным количеством УДА и в следствии этого образование отдельных неравномерно распределенных конгломератов УДА на поверхности покрытия. При концентрации 1 г/л наблюдается снижение токов коррозии, что может быть связано с закупориванием пор ультрадисперсным алмазом. При концентрации 1,5 г/л наблюдается повышение токов коррозии, что может быть связано с нарушением адсорбционно-десорбционного равновесия на поверхности УДА, в результате чего наблюдается изменение заряда поверхности УДА и поэтому уменьшается подвод частичек ультрадисперсного алмаза к поверхности электрода, следовательно снижается содержание УДА в покрытии и порах. Повышение токов коррозии при концентрации УДА 1,5 г/л может быть также связано с нарушением коагуляционной и седиментационной устойчивости УДА в электролите. При концентрации УДА в электролите меднения равной 2 г/л происходит снижение токов коррозии до минимального значения, что может быть связано с восстановлением нарушенного адсорбционно-десорбционного равновесия и (или) коагуляционной и седиментационной устойчивости. Вместе с тем высокая концентрация УДА способствует более полному закупориванию пор.

Исследование микротвердости полученных покрытий показали, что добавление УДА в цитратный электролит меднения приводит к повышению микротвердости с 75-78 до 90-120 НВ по сравнению с монопокрытием. Кроме этого, повышение износостойкости в 3,5 раза, а также изменение удельной электрической проводимости с 50 до 24 МСм/м при добавлении УДА в цитратный электролит меднения являются косвенными показателями внедрения УДА в структуру покрытия [5].

Таким образом, результаты исследований цитратного электролита меднения показали, что введение УДА в электролит приводит к изменению ряда физико-химических и эксплуатационных свойств: повышению адгезии, микротвердости, износостойкости и антикоррозионных свойств, увеличению выхода по току [5], расширению диапазона рабочих плотностей тока. Данные изменения полученных свойств КЭП могут способствовать снижению энерго- и ресурсопотребления.

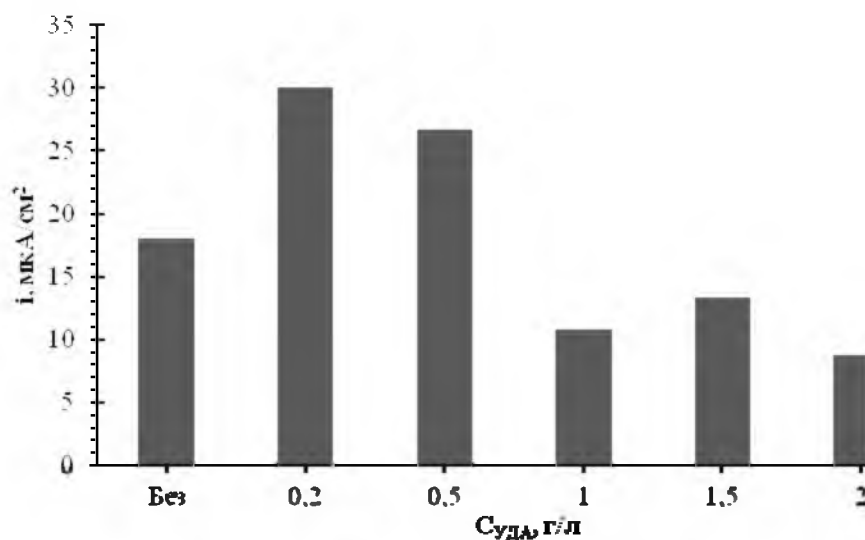


Рис.3. Зависимость токов коррозии от концентрации УДА в электролите

Литература

1. Буркат, Г. К. Ультрадисперсные алмазы в гальванотехнике / Г. К. Буркат, В. Ю. Долматов. – СПб.: Специальное конструкторско-технологическое бюро "Технолог" Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).
2. Долматов, В. Ю. Детонационные наноалмазы. Получение, свойства, применение / В. Ю. Долматов. – СПб.: НПО «Профессионал», 2011, – 536 с.: ил., цв. вкл.
3. Михедова, Е.В. Сравнительная характеристика комплексных электролитов меднения / Е.В. Михедова, В.В. Яскельчик, А.А. Черник, И.М. Жарский // Техника и технология защиты окружающей среды: материалы докладов Международной научно-технической конференции, Минск, 9–11 октября 2013 г. – Минск: БГТУ, 2013. – С. 156–159.
4. Михедова Е.В., Яскельчик В.В., Жарский И.М., Черник А.А. Электролит для нанесения медных покрытий на сталь и чугун // Заявка на патент. – №. А20140740.
5. Яскельчик, В.В. Получение и свойства медных покрытий из цитратного электролита в присутствии ультрадисперсных алмазов / В.В. Яскельчик, Е.В. Михедова, Г.К. Буркат, И.М. Жарский // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) №28(54)/2015. – СПб, 2015 – С 25-28.

Технические науки

This article presents the analysis and proportioning of the road groundwork base and topping in order to minimize the volume of reconditioning work due to road surfacing with long life period. The existing methods of analyzing of the [equivalent characteristics](#) of mechanical features of the soils with non-homogenous granulometric composition.

Ключевые слова: моделирование, основания, покрытие, эксплуатация, жесткость, гранулометрия

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно в производстве строительных материалов, изделий и конструкций используют в основном один, параллельно два или три технологических приёма - изменение температуры и давления, воздействующих на вещество, механическую или химическую диспергацию веществ и катализ. Все эти технологические приёмы используются и в наши дни. В то же время известно, что вещества в тонкомолотом состоянии приобретают необычные свойства: они становятся химически активными, плавятся при более низких температурах, намного улучшаются их технологические свойства. Систематические исследования Бриджмена, начатые в начале 20-х годов прошлого столетия, позволили бесспорно доказать наличие ускорения твердофазных процессов (фазовых переходов, химических реакций и др.) при наложении на твердые тела высоких давлений с деформацией сдвига, что и положило начало широким исследованиям этого эффекта в химии, названным впоследствии механохимическими.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Моделирование основания и покрытия автомобильной дороги исключая промежуточные ремонты.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для того, чтобы объективно оценить эксплуатационные характеристики бетонных покрытий, нам их нужно каким-то образом измерить. Основной элемент полупроводникового тензордатчика – сверхтонкая прямоугольная пленка монокристалла кремния, прикрепленная для удобства обращения к подложке. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) - устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал). Обратное преобразование осуществляется при помощи цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Аналоговый сигнал в АЦП преобразуется в последовательность цифровых значений. Следовательно, необходимо определить частоту выборки цифровых значений из аналогового сигнала. Тарировка датчиков осуществляется с помощью тарировочного устройства. Тарировочным устройством подается входной сигнал и проводится измерение величины входного тока, чем определяется зависимость $I=f(\epsilon)$. Для тарировки (градуировки) короткообразового датчика кольцевого типа служит пикнометрическая установка представленная на *рисунке 1*.

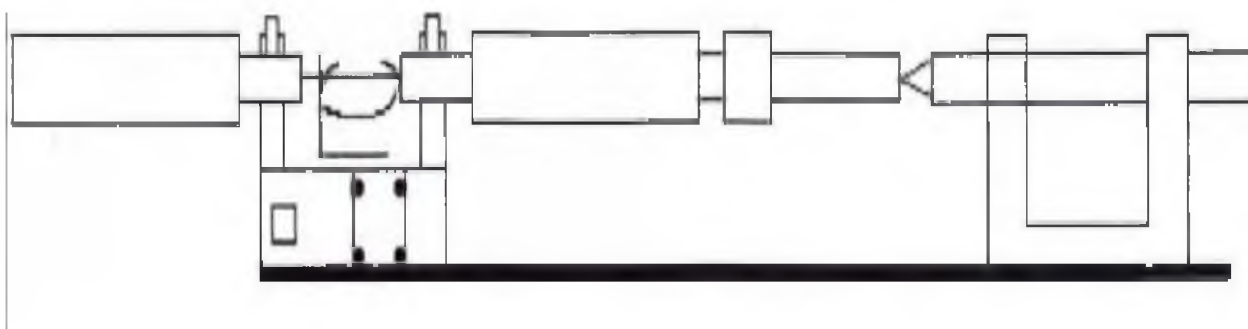


Рис. 1 – Пикнометрическая установка

Кольцевые упругие элементы обоснованы наилучшими технико-метрологическими характеристиками по сравнению с другими формами преобразователей. Тарировочная установка представляет собой металлическую основу с двумя видами тензодатчиков соединенную посредством стержней с пикнометром, обеспечивающим нагружение. Тензодатчики должны работать синхронно при плотном их касании друг с другом рабочими частями. Данная установка является основой измерительного прибора разработанного Ю.В. Попковым. Прибор, представленный на рисунке 2, получил название – индикаторный 31 тензометрический преобразователь деформаций. Особенностью прибора является совмещение преимуществ механических и электрических тензометров, что повышает надежность результатов измерений и автоматизацию записи в процессе испытаний железобетонных конструкций.

Простейшим из них может служить прямолинейный отрезок тонкой проволоки, закрепленной с помощью клея на контролируемой детали. При деформации детали одновременно будет деформироваться и наклеенная проволока (тензодатчик). Значит, будут изменяться длина проводника, площадь поперечного сечения и удельное сопротивление материала проводника вследствие изменения структуры материала. Материал проволоки тензодатчика имеет высокую прочность и упругость.

С целью получения оптимальных результатов, рисунок 3 и 4, был использован насыщенный 6-и факторный эксперимент по плану Рентшафнера. X_1, X_2, X_3 – сырьевые факторы, X_4, X_5, X_6 – технические факторы. По результатам были получены модели.

Со временем хотелось бы сделать покрытие наших дорог лучше и устойчивее к износу. В нашем университете разработан способ, который может улучшить свойства бетона для дорожных покрытий (увеличить износостойкость) – стеклопластиковая арматура (СПА).

Применение композитной стеклопластиковой арматуры увеличивает срок службы конструкций в 2–3 раза по сравнению с применением металлической арматуры, особенно при воздействии на них агрессивных сред, в том числе содержащих хлористые соли, щелочи и кислоты. Так, арматура может использоваться при различных температурных режимах, от -70 и до $+100$ градусов Цельсия. Стеклопластиковая арматура практически не подвержена коррозии и имеет более длительный срок службы. Также, чтобы арматура работала эффективно в дорожном покрытии, её нужно связать в каркас.

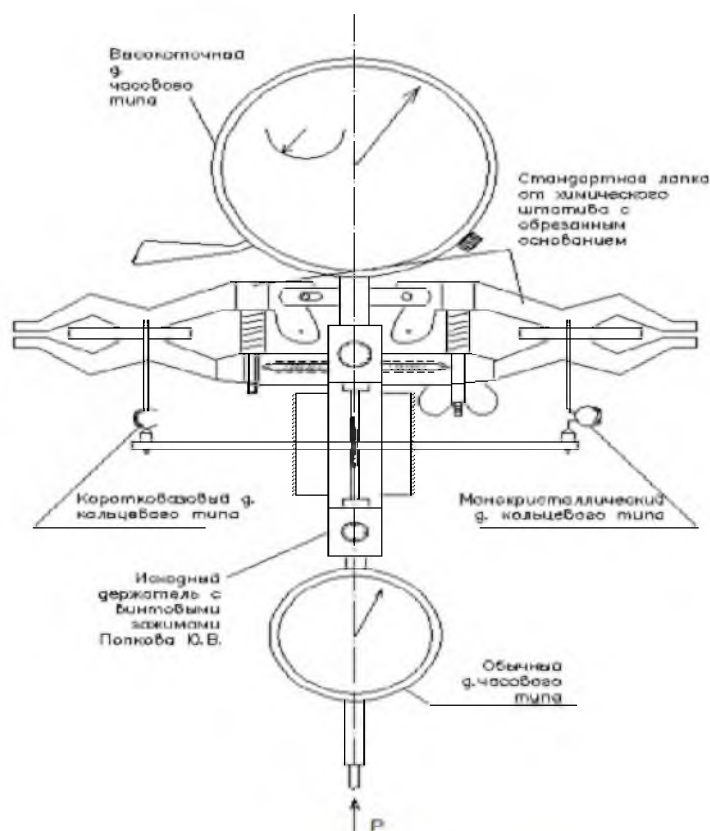


Рис. 2 – Схема измерителя деформаций

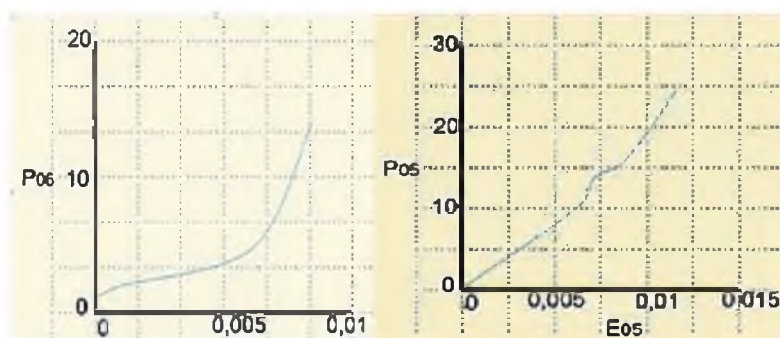


Рис. 3 Графики зависимости деформаций от нагрузки

Non.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Pavt	Rize	Qsj
1	15	0	0,25	15	4	0,8	9,3	5,14	15
2	15	50	0,45	25	10	1,2	9,6	4,27	14
3	25	0	0,45	25	10	1,2	20,5	9,14	47
4	25	50	0,25	25	10	1,2	18,8	7,91	40
5	25	50	0,45	15	10	1,2	17,6	6,74	32
6	25	50	0,45	25	4	1,2	20,1	7,61	26
7	25	50	0,45	25	10	0,8	17,7	7,30	30
8	25	50	0,25	15	4	0,8	14,3	7,42	26
9	25	0	0,45	15	4	0,8	14,9	6,80	34
10	25	0	0,25	25	4	0,8	18,8	11,61	42
11	25	0	0,25	15	10	0,8	15,5	8,84	36
12	25	0	0,25	15	4	1,2	13,6	8,35	30
13	15	50	0,45	15	4	0,8	7,7	3,63	9
14	15	50	0,25	25	4	0,8	7,4	3,86	11
15	15	50	0,25	15	10	0,8	5,0	3,09	7
16	15	50	0,25	15	4	1,2	4,8	3,28	6
17	15	0	0,45	25	4	0,8	13,4	6,18	24
18	15	0	0,45	15	10	0,8	10,6	4,91	14
19	15	0	0,45	15	4	1,2	9,5	4,45	12
20	15	0	0,25	25	10	0,8	12,2	4,49	17
21	15	0	0,25	25	4	1,2	10,4	5,36	25
22	15	0	0,25	15	10	1,2	10,0	3,51	16
23	25	25	0,35	20	7	1,0	18,0	8,38	33
24	20	50	0,35	20	7	1,0	11,1	5,45	20
25	20	25	0,45	20	7	1,0	14,2	6,52	24
26	20	25	0,35	25	7	1,0	12,8	6,84	26
27	20	25	0,35	20	10	1,0	14,9	9,02	49
28	20	25	0,35	20	7	1,2	14,4	6,34	26
29	20	25	0,35	20	7	1,0	14,0	6,77	24

Рис. 4 – Результаты механических испытаний

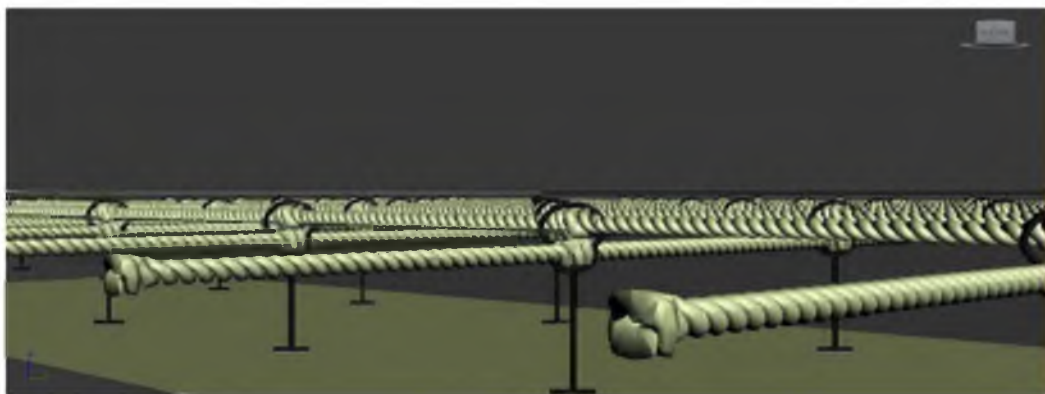


Рис. 5 – Использование стеклопластиковых нагелей для армирования основания автомобильной дороги.

Стеклопластиковые нагеля имеют широкий спектр использования. Их можно использовать как анкера в дорожном строительстве, для повышения надежности дорожной одежды. Так же как монтажные петли при изготовлении на заводах панелей, блоков, плит и др. На рисунке 5 показан пример использования СПА в дорожном строительстве.

Полезная модель может быть использована для устройства дорожного основания и продления эксплуатационных характеристик дороги.

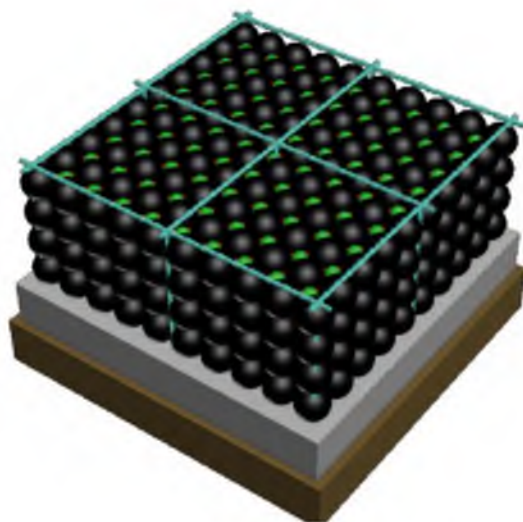


Рис. 6 – 3D модель дорожного основания

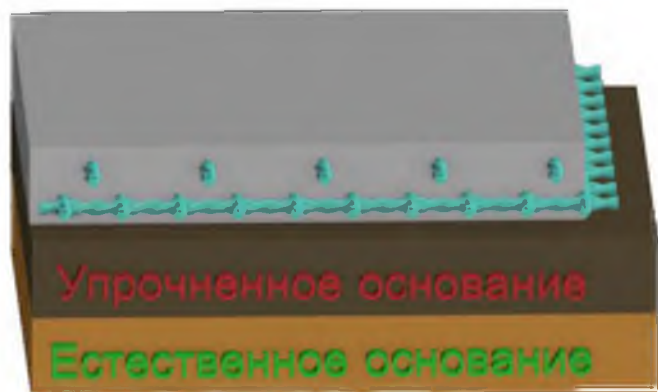


Рис. 7 – Элемент автомобильной дороги с предварительно напряженными стержнями

Дорожное основание содержит переуплотненный грунт с нанесенным на него уплотненным щебеночным слоем, сверху которого выполнено покрытие. При этом покрытие выполнено из минерального зернистого заполнителя с разными размерами зерен, которое содержит отходы металлургии, такие, как ОФС и шлак. В верхней части покрытия установлена сетка из композитного материала с утолщениями в узлах, в которых закреплены вертикальные анкерные элементы. Пустоты в покрытии заполнены цементным тестом с образованием монолита. Ширина дорожного основания равна ширине дороги.

Использование заявляемой полезной модели, представленной на *рисунке 6*, позволит повысить прочность и долговечность дороги. При последующем моделировании мы получили усовершенствованную дорожную модель, *рисунок 7*, которая содержит в себе естественное основание, упрочненное основание, цементно-бетонное покрытие с использованием каркасной сетки из стеклопластиковой арматуры и отдельно стоящих предварительно напряженных стержней. Это позволяет достичь более высоких прочностных и эксплуатационных характеристик дороги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для изучения грунтов мы применили математическую модель «смесь-смесь-свойство». На основании полученных результатов мы сделали следующие выводы:

- Механические свойства оснований, сложенных грунтами с неоднородным гранулометрическим составом и строением существенно зависят в первую очередь от процентного содержания элементов неоднородного грунта (включений, пустот, прочих дефектов и заполнителя), соотношения их жесткостей и условий контакта между ними.
- Анализ гранулометрического состава неоднородного грунта позволяет дать количественную оценку его механических свойств, в том числе определить эквивалентные параметры деформируемости и прочности, что подтверждено экспериментальными данными.
- Взаимное расположение частиц разного размера в неоднородном грунте определяет напряженное состояние грунта, в том числе концентрацию и деконцентрацию напряжений.
- Сопротивление сдвигу неоднородного грунта на разных уровнях приближения к предельному состоянию обуславливается различной степенью реализации видов трения (скольжения и качения). С приближением к предельному состоянию все больше реализуется трение качения, что и объясняет проявление пиковой и остаточной прочности.
- В ходе компрессионных испытаний определено, что подбор соотношения диаметров и процентного содержания включений позволяет увеличить модуль деформации смеси.
- Переход от эксперимента к виртуальному моделированию позволяет создавать наглядную структуру смесей и всей конструкции автомобильной дороги в целом.

Для оценки деформационных характеристик мы применили кристаллические датчики при изгибе, и с помощью кольцевых элементов проверили бетон на сжатие. Затем, с помощью АЦП получили результаты и обработали их.

© ВГТУ

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТОВ ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ТОВАРОВ И СЫРЬЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Я.А. АЛЕКСЕЕВА, Е.Ю. ВАРДОМАЦКАЯ, В.Л. ШАРСТНЕВ

The analysis of methods for solving the using graph theory in application packages is represented in this article. For possibility of use of computer algebra system this problem was presented in the form of a mathematical model on the graph. Some versions of the solution of the problem by means of various CAS are in detail considered. Indisputable leaders in this area are CAS Maple and CAS Mathematica

Ключевые слова: математические модели, теория графов, транспортные сети, системы компьютерной математики, кратчайший путь, транспортные расходы

В современных условиях развития рыночных отношений всё более актуальным становится всестороннее обеспечение конкурентоспособности как экономики Республики Беларусь в целом, так и отдельных её отраслей. В частности, легкой промышленности – одного из важнейших секторов экономики, который производит большое количество товаров народного потребления. В последние годы в сфере товарного обращения произошли существенные преобразования: в хозяйственной практике стали использоваться новые методы и технологии доставки товаров, базирующиеся на концепции логистики. Важную роль в создании объективных возможностей для развития логистики сыграл технический прогресс. Он позволил на более высоком уровне проводить отслеживание всех процессов товародвижения. Так, постепенно на первый план выдвигается поиск возможностей сокращения про-

изводственных затрат, в том числе транспортных расходов. Все это обуславливает актуальность поиска оптимального плана перевозок грузов – важного составляющего элемента транспортной логистики, заключающегося в отыскании оптимальных схем грузовых потоков.

Цель исследования – разработка средств компьютерного моделирования процесса управления цепями поставок.

Объект исследования – логистические системы предприятий легкой промышленности.

Актуальность работы обуславливается её прикладным характером.

Инструментарий исследования – системы компьютерной математики (далее – СКМ) Maple и Mathematica.

При густоразветвленной сети автомобильных дорог, когда между пунктами отправления и пунктами назначения имеется несколько вариантов сообщений, определить минимальный путь бывает сложно. Для возможности применения системы компьютерной алгебры для решения данной задачи, её можно представить в виде математической модели на графе. Вершины графа будут соответствовать городам, а ребра между вершинами – путям сообщения между этими городами. Каждому ребру сопоставляют критерий выгодности. Наиболее часто в качестве критерия принимается минимум суммарного пробега.

Выделяют несколько вариантов решения задачи оптимизации маршрута с помощью различных СКМ. Бесспорными лидерами в данной области являются СКМ Maple и СКМ Mathematica. Так, с помощью СКМ Maple решение данной задачи реализовано методом Дейкстры, методом имитации отжига и методом муравьиного алгоритма. Также кратчайший путь в орграфе можно найти, используя стандартные операторы СКМ Maple, такие как `shortpathstree` и `allpairs`. СКМ Mathematica также обладает расширенной поддержкой графов, необходимой для решения задачи о кратчайшем пути. Так, средства языка пакета позволяют реализовать решение подобных задач, используя стандартные функции `FindShortestPath[g,s,t]`, `HighlightGraph[g, {a1, a2, ...}]`, `GraphDistance[g,s,t]`.

Литература

1. Аладьев В.З. Избранные системные задачи в программной среде Mathematica. – Херсон, Олди-плюс, 2013. – 556 с.
2. Кирсанов, М.Н. Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы. – Москва, Издательство ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 168 с.
3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. Пер. с англ. – М.: Мир, 1978, 432 с.

©БНТУ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ДОБЫЧИ КУСКОВОГО ТОПЛИВНОГО ТОРФА

М.П. АНДРИЕВСКИЙ, И.В. ДЖЕЖОРА, В.И. СТАСЕВИЧ, Г.А. БАСАЛАЙ

The work to determine the total power required to operate the machine and tractor unit MTZ + MTC. We consider two fundamentally new technological schemes and complex equipment to produce a solid lump fuel

Ключевые слова: кусковой торф, дисковая фреза, формователь

Объект исследования – машина для добычи кускового топливного торфа.

Цель – повышение эффективности работы комплекса машин для производства кускового топливного торфа, а также снижение удельных энергозатрат при разработке торфяных месторождений.

Актуальность темы определяется Государственной программой «Торф» по существенному увеличению объемов производства местных видов топлива, в частности, кускового топливного торфа - в 17,4 раза (с 9,5 тыс.т в 2006 г. до 165 тыс.т к 2020 г).

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы ГБ 01-188 «Обоснование и разработка элементов технологий и оборудования добычи и переработки полезных ископаемых» и реализована в учебном процессе.

В работе проведен анализ торфяных ресурсов в Республике Беларусь.

В настоящее время разработан ряд конструкций и производятся несколько видов машин для добычи кускового торфа: МТК-12, АНБ-704, НТК-2, МК-1,6 и другие. Принципиальные схемы этих машин включают в себя два исполнительных органа: дисковая фреза и винтовой пресс-формователь.

На кафедре горных работ БНТУ разработана проектная документация комплекса высокопроизводительного оборудования для производства кускового торфа: добывающая машина МТК-1,6, ворошилка ВТК-8,4 и уборочная машина. На ПРУП «Красное Знамя» в 2013 году изготовлен опытный образец машины МТК-1,6 (Рис.1). Залежь торфа разрабатывается четырьмя дисковыми фрезами, смонтированными на валу редуктора фрез.

Кинематическая схема машины МТК-1,6 представлена на рисунке 2.



Рис. 1 – Общий вид торфодобывающего агрегата

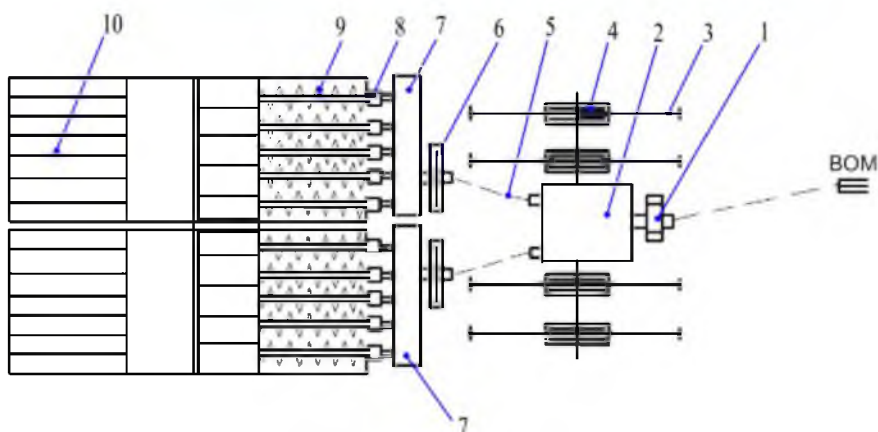


Рис. 2 – Кинематическая схема машины МТК-1,6: 1 – муфта; 2 – редуктор привода фрез; 3 – фрезы; 4 – фрикционные муфты фрез; 5 – карданные валы; 6 – фрикционные муфты; 7 – редукторы привода винтов пресса; 8 – муфты; 9 – многовинтовой пресс; 10 – формующий блок

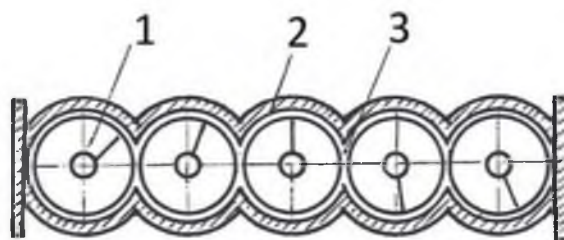


Рис. 3 – Поперечный разрез пресса: 1 – винт; 2 – кожух; 3 – пресскамера

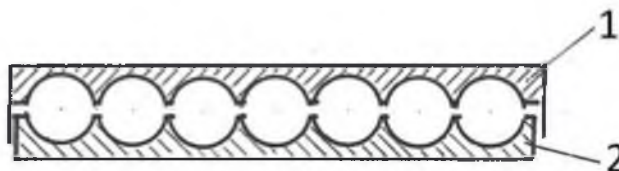


Рис. 4 – Формующие каналы: 1 – блок верхний; 2 – блок нижний (наклонен вниз)

На машине установлен спаренный многовинтовой пресс, по пять винтов в одном кожухе (рис.3). Диаметр винтов 150 мм. Пресскамеры винтов сообщающиеся. Вращение винтов встречное. Проворачивание торфа вместе с винтом в таком прессе маловероятно. Пресс развивает давление, достаточное для формирования торфа через мундштуки.

Формующие мундштуки разъемные (рис.4). Они составлены двумя блоками – верхним 1 и нижним 2. Блоки крепятся к кожуху пресса шарнирно. Изменением наклона блоков можно увеличить или уменьшить поперечное сечение формующих каналов.

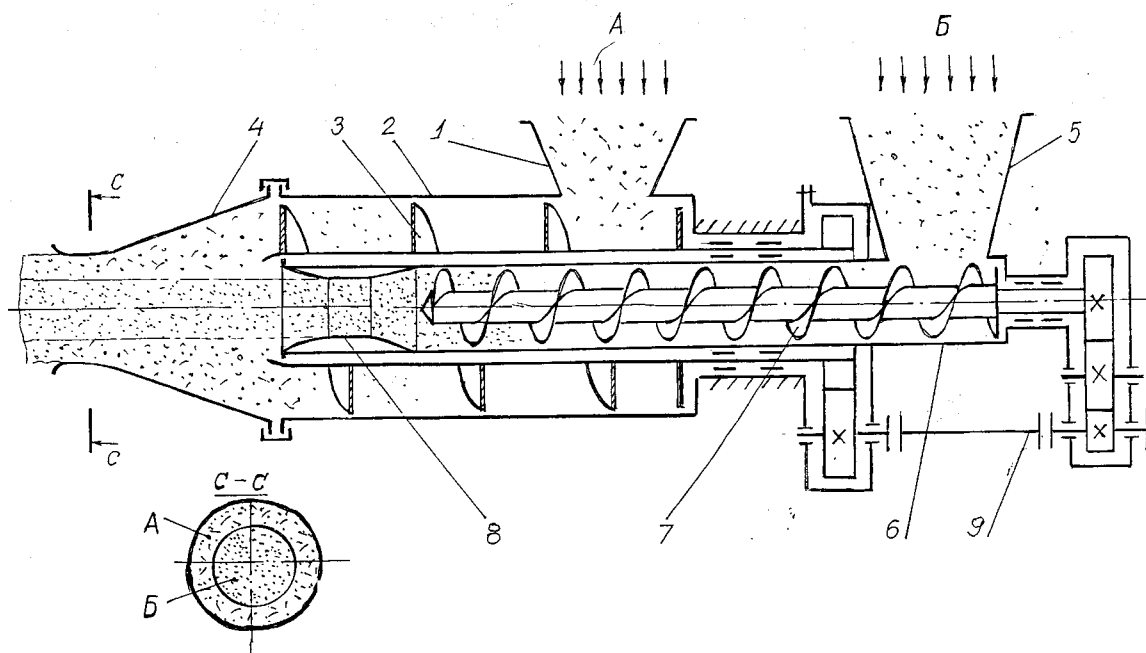


Рис. 5 — Конструктивная схема соосного пресс-формователя

Для проведения промышленных испытаний машины необходимо подобрать для агрегатирования с ней колесный трактор серии МТЗ соответствующего тягового класса. Для этого авторами определена суммарная мощность, необходимая для работы машинно-тракторного агрегата МТЗ+МТК. Расчет показывает, что основной составляющей является мощность на фрезерование пня. Она может изменяться в широких пределах вызывая пиковые нагрузки в приводе фрезы. Это следует учитывать в расчетах на прочность элементов конструкции рабочего органа. На работу МТК-1,6 серьезное влияние оказывают физико-механические свойства залежи. В случае фрезерования древесных включений двумя фрезами суммарная мощность для работы агрегата возрастает до 100 кВт. С учетом этого, мощность, необходимая на работу агрегата «Трактор+МТК-1,6», может колебаться в пределах 90-105 кВт. Для агрегатирования с МТК-1,6 можно рекомендовать трактор МТЗ-1523.

Опыт использования машин для добычи кускового торфа на месторождениях, расположенных в средней полосе с большим содержанием древесных остатков в разрабатываемом слое, показал, что требуется дальнейшая модернизация исполнительных элементов фрез с целью более эффективного процесса фрезерования пней в условиях отсутствия жесткого упора со стороны залежи.

Авторами предложено применять фрезерующие элементы в виде профильных пластин, что обеспечивает повышение эффективности работы дисковой фрезы машины для добычи кускового торфа, особенно при эксплуатации ее на торфяном месторождении с повышенной пнистостью.

В работе также рассмотрены две принципиально новые технологические схемы и комплекс оборудования для получения твердого кускового топлива из двух компонентов торфа различной влажности или торфа высокой влажностью и различных наполнителей. Основной установкой в предлагаемых схемах является пресс-формователь, состоящий из соосно расположенных двух нагнетательных механизмов непрерывного действия с центральным букелем и наружной кольцевой формующей головкой (Рис.5).

Внутренний пресс прессует компонент *Б* в виде сыпучего вещества (относительная влажность в пределах 40%). Он включает корпус с загрузочной горловиной и букелем, а также напорный шнек. Внешний формователь также имеет цилиндрический корпус, загрузочный лоток, формующую головку, шнек и служит для формирования сырого материала *А* (влажность 82-86%). Шнеки приводятся в движение от общего привода, при этом частота вращения их должна быть оптимальной на основании экспериментальных исследований. Более удобным следует признать независимые приводы с возможностью бесступенчатого регулирования частоты вращения одного из них. Напор, развиваемый внутренним шнеком, а также форма букеля должны обеспечивать лишь частичное прессование материала для сохранения им фильтрационных способностей на первый период сушки композитного сформованного материала.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА ДЛЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

И.В. АРТЕМЕНКОВ, С.П. КУНДАС

The object of the study in this work is the possibility of using an alternative building materials and energy supply sources of buildings in the Republic of Belarus on the example of energy-efficient house. The main aim is to justify the possibility of using clay and wood chips and mats made of reeds as effective building materials, as well as the possibility of application water heating systems based on the use of solar radiation

Ключевые слова: глина и щепа, тростник, солнечная водонагревательная установка

В нашей стране в жилищно-коммунальной сфере заложен огромный потенциал для экономии и рационального использования ТЭР.

Для стимулирования развития деятельности в этом актуальном направлении в Республике Беларусь постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10.05.2011 № 586 года была принята национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 гг., а так же Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 года (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 01.06.2009 № 706).

Одной из наиболее эффективных альтернатив традиционному индивидуальному домостроению из кирпича, силикатных блоков и бревен является технология строительства каркасных домов с применением местных экологически чистых материалов (смесь глины и щепы, тростниковые маты и др.) в качестве основного теплоизоляционного материала.

Широкое распространение в мире начинают получать системы энергоснабжения частных домов на основе нетрадиционных источников энергии. Однако следует обратить внимание на то, что применение новых систем теплоснабжения теряет свой смысл и становится экономически нецелесообразным, если жилище не отвечает определенным требованиям по значениям сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций. Поэтому возможность применения подобных систем обуславливается, прежде всего, теми инженерными решениями, которые приняты на этапе проектирования и строительства дома.

В данной работе представлены результаты доработки типового проекта индивидуального каркасно-щитового дома. Предложена замена основного теплоизоляционного слоя из глины и щепы на маты из тростника. В результате проведенных расчетов показано, что удельное энергопотребление здания снизилось на $1,93 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, что, в свою очередь, позволит экономить 2029,8 МДж тепловой энергии в год источником теплоснабжения предприятия.

Для решения проблемы теплоснабжения объекта в неотапливаемый период был предложен и рассчитан вариант использования вакуумированного трубчатого гелиоколлектора для покрытия нужд системы горячего водоснабжения здания. Система включает следующие элементы: 1. Вакуумированный трубчатый гелиоколлектор на основе технологии heat pipe площадью тепловоспринимающей поверхности $4,2 \text{ м}^2$; 2. Бак аккумулятор объемом 320 литров; 3. Система управления Solar Station SR 982; 4. Тип теплоносителя – пропиленгликоль. Выбранный вариант оборудования позволяет обеспечить потребности в горячем водоснабжении объекта на 94,7 %. Использование СВУ на основе гелиоколлектора позволяет экономить 2359,2 МДж тепловой энергии в год.

©БелГУТ

МОДЕРНИЗАЦИЯ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА-ЦИСТЕРНЫ С ОЦЕНКОЙ ЕЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

И.И. АРХУТИК, А.В. ПУТЯТО

Technical solutions on modernization of a design of a boiler and a frame of the tankcar for transportation of oil products of model 15-1443 after long work are proposed. The complex of calculations on durability of a metal construction of the tankcar taking into account actual a condition of its elements (corrosion wear) is executed, and also the assessment of a residual resource of bearing designs after modernization is made. Decrease in level of tension in the most loaded areas of designs is established, and data on increase in coefficient of a stock of fatigue durability as a result of work on modernization are also provided

Ключевые слова: вагон-цистерна, метод коечных элементов, модернизация

Введение. В настоящее время существенное количество наливного железнодорожного подвижного состава как в Республике Беларусь, так и других странах колеи 1520 мм имеет срок службы, превышающий назначенный при проектировании. В то же время, многолетний опыт обследования технического состояния вагонов после длительной эксплуатации ОНИЛ «ТТОРЕПС» показывает, что

реальное техническое состояние в большинстве случаев далеко от предельного. В настоящее время имеется два пути продления срока службы грузового вагона: по Техническому решению (ТР) и путем проведения капитального ремонта с продлением срока службы (КРП). Продление срока службы по ТР предусматривает проведение технического диагностирования (ТД) каждого вагона, срок службы которого необходимо продлить. Следует отметить, что в этом случае единовременный срок продления эксплуатации вагона составляет не более 6 лет.

Продление через КРП включает следующие основные этапы: разработка ТУ на КРП, включающие соответствующую конструкторскую документацию по модернизации (в т.ч. усилению) конструкции вагона, изготовление опытного образца, проведение его испытаний (в т.ч. оценка ресурса). В зависимости от результатов испытаний время эксплуатации вагона продляется на срок до 16 лет.

Безусловно, каждый из изложенных подходов имеет свои достоинства и недостатки как с точки зрения сроков продления (интервалов), так и с позиции материальных затрат при их реализации. Одним из первых вагонов, подвергнувшимся процедуре продления через КРП в Республике Беларусь стал вагон-цистерна для перевозки нефтепродуктов модели 15-1443. ТУ на КРП указанного вагона предусматривается усиление котла кольцевыми шпангоутами между консольными опорами и креплением котла к раме в средней части на расстоянии $l = 1825$ мм.

Целью настоящей работы является повышение несущей способности котла и рамы вагона-цистерны при проведении КРП.

Модернизация котла вагона-цистерны. С использованием разработанной конечно-элементной модели проведена серия расчетов на устойчивость оболочки котла при варьировании значением момента сопротивления W_{y1} поперечного сечения шпангоута относительно центральной оси поперечного сечения, параллельной продольной оси котла и расстояния l . Установлено, что для любого размера l максимальные значения $P_{кр}$ достигаются при выборе W_{y1} в пределах от 6 до 9 см³, поскольку до значения $W_{y1} = 6$ см³ коэффициент запаса устойчивости котла интенсивно возрастает, а при значении $W_{y1} > 9$ см³ практически не изменяется.

Дальнейшие исследования по определению рационального значения переменной l выполнены для случая, когда в качестве подкрепляющих элементов использовался швеллерообразный профиль с $W_{y1} = 6$ см³. Результаты расчетов показали (рисунок 1, а), что при $l = 1,47$ м значение $P_{кр}$ максимально, и тем самым котел имеет максимальный коэффициент запаса устойчивости. Следует отметить, что это месторасположение хорошо подходит с технологической стороны, поскольку до сварных швов крепления фасонных лам к оболочке котла имеется расстояние порядка 100 мм. На рисунке 1, б приведена соответствующая форма потери устойчивости.

Практика расчетов на устойчивость котлов, а также случаи потери устойчивости их в эксплуатации свидетельствуют о том, что последняя имеет место в областях верхнего и среднего листов цилиндрической части. Такой эффект объясняется, во-первых, меньшей толщиной среднего и верхнего листа по сравнению с толщиной броневых (нижнего); во-вторых, наличием в средней части броневых листов жесткой связи котла с рамой.

В связи с чем, предлагается выполнять подкрепление котла шпангоутами, имеющими незамкнутую конструкцию (рисунок 2).

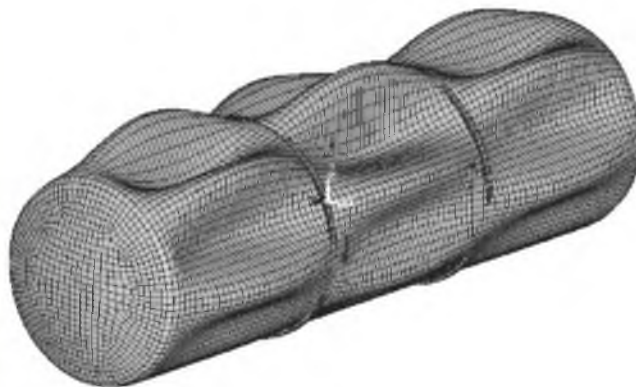
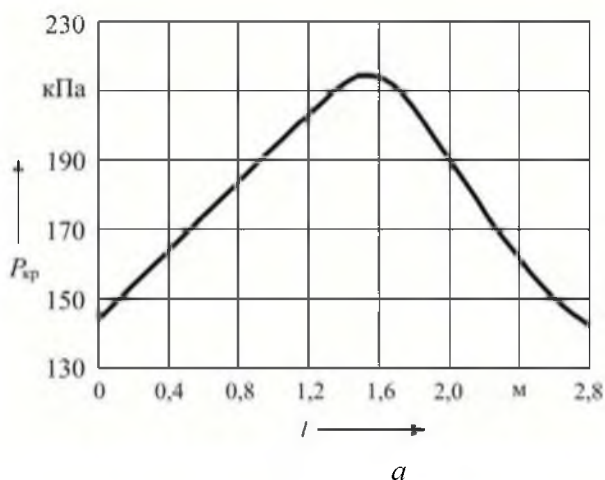


Рис. 1 – Зависимость критического давления от места установки подкрепляющего элемента (а) и форма потери устойчивости котла с подкрепляющими элементами (б) при $l = 1,47$ м

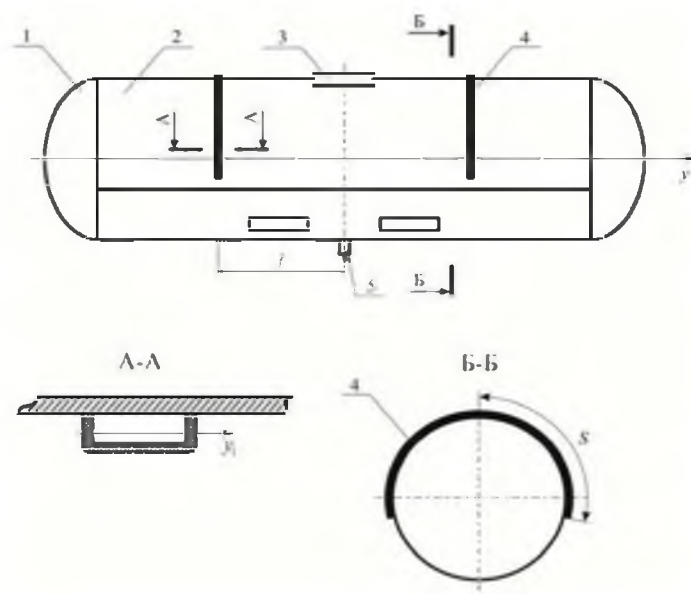


Рис. 2 – Схема котла с подкрепляющими элементами

Следует отметить, что при отборе вагонов-цистерн для проведения КРП минимально допустимые значения толщин листов цилиндрической части котла составляют $\delta_{\text{ц}} = 7$ мм, а броневого листа $\delta_{\text{б}} = 9$ мм. Учитывая, что согласно [4] средняя скорость коррозионного износа металлоконструкции котла для перевозки нефтепродуктов составляет 0,04 мм/год и срок продления после указанного вида ремонта составляет 16 лет, прогнозные значения составят 6,36 мм и 8,36 мм, соответственно.

На рисунке 3 приведены зависимости $P_{\text{кр}}$ от полудлины подкрепляющих шпангоутов S с $W_{y1} = 6 \text{ см}^3$ при $l = 1,47$ м для различных толщин его элементов. Анализируя приведенные зависимости видно, что градиент изменения $P_{\text{кр}}$ существенно зависит от величины S и принимает максимальные значения после $S = 3,2$ м. Для подтверждения полученного результата проведены расчеты для различных значений W_{y1} . Установлено, что полученные зависимости качественно идентичны.

Зависимости градиента критического давления $dP_{\text{кр}}$, определяемого по формуле $dP_{\text{кр}} = (P_{\text{кр}}^{i+1} - P_{\text{кр}}^i) / (S^{i+1} - S^i)$ от полудлины шпангоутов показывают, что $dP_{\text{кр}}$ принимает максимальные значения для любых значений W_{y1} при полудлине S равной 3,2÷3,3 м.

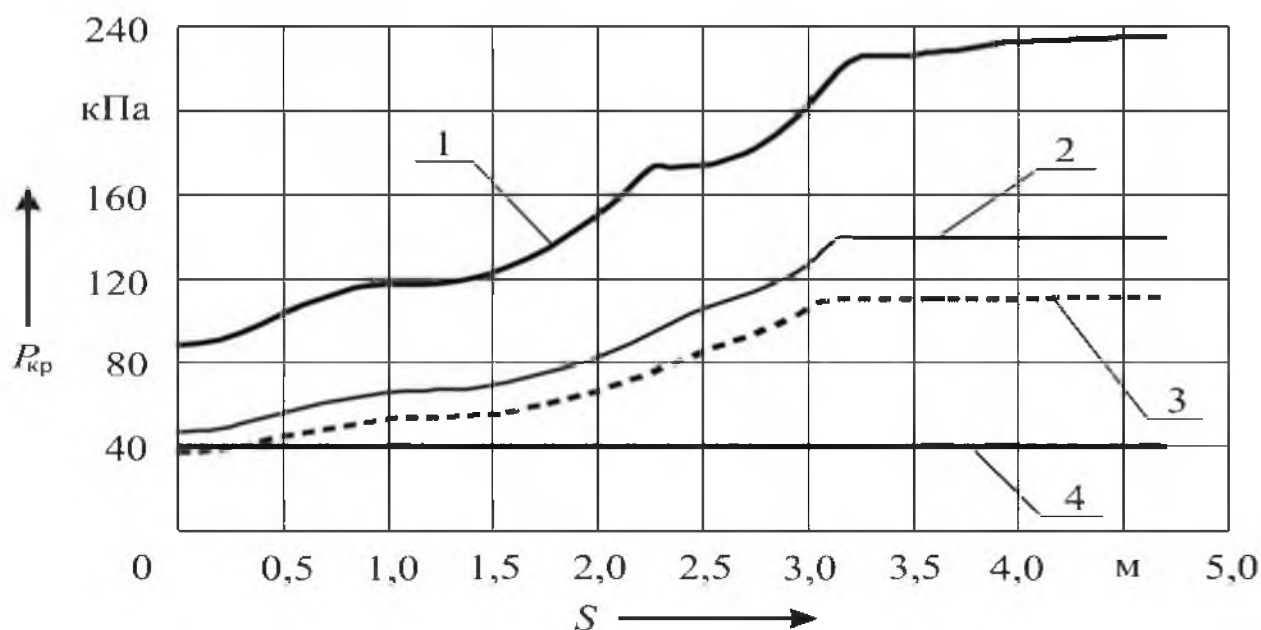


Рис. 3 – Зависимости $P_{\text{кр}}$ от S для различных толщин элементов котла:
 1 – $\delta_{\text{ц}} = 9$ мм, $\delta_{\text{б}} = 11$ мм; 2 – $\delta_{\text{ц}} = 7$ мм, $\delta_{\text{б}} = 9$ мм; 3 – $\delta_{\text{ц}} = 6,36$ мм, $\delta_{\text{б}} = 8,36$ мм;
 4 – допускаемое наружное давление согласно [4]

Характерно, что наибольшие значения $dP_{кр}$ соответствуют установке шпангоутов при $W_{y1} = 6 \div 9 \text{ см}^3$.

Для оценки прочности выполнены расчеты при следующих режимах нагружения: испытательное давление, удар, вертикальная нагрузка. Было исследовано три зоны: зона люка лаза, зона сливного прибора, зона приварки шпангоута. Значения напряжений после проведенной модернизации снизились в области сливного прибора на 77%, в области приварки шпангоута на 33,7%, и, в меньшей степени, в области люка лаза на 10%.

Таким образом, наряду с типовым проектом ТУ на КРП, предусматривающего усиление котла в местах опор и в области сливного прибора целесообразно использовать предложенные технические решения.

Модернизация рамы вагона-цистерны. Модернизации подвергалась рама вагона-цистерны, хребтовая балка которой выполнена из двух зетобразных профилей № 31 без боковых балок. При усилении конструкции рамы вагона-цистерны рассмотрено два этапа. Первый этап включает усиление сопряжения хребтовой балки со шкворневыми накладками: снизу размером $1440 \times 500 \times 10 \text{ мм}$, сверху размером $320 \times 320 \times 10 \text{ мм}$. Накладки поставлены только с внутренней стороны рамы. На втором этапе рама дополнительно усиливалась двумя боковыми балками по длине соответствующей расстоянию между шкворневыми и двумя поперечными балками возле средней опоры котла, выполненных из швеллеров № 20 по ГОСТ 8240.

Результаты расчетов показали, что в местах возникновения трещин в хребтовой балке после их усиления, максимальные эквивалентные напряжения снизились на 52,6 % при сжатии и на 40 % при растяжении.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА КОТЛА И РАМЫ ВАГОНА-ЦИСТЕРНЫ

Для оценки остаточного ресурса металлоконструкций вагонов после длительной эксплуатации предлагается методика, при которой параметром, определяющим циклическую прочность, является коэффициент запаса сопротивления усталости n , определяемый из отношения предела выносливости материала $\sigma_{a,N}$ для контрольной зоны конструкции вагона к величине амплитуды динамического напряжения $\sigma_{a,\varnothing}$, эквивалентной по повреждающему действию реальным режимам эксплуатационных случайных напряжений за срок службы.

Очевидно, что величина амплитуды динамического напряжения (параметр, включающий в себя срок службы металлоконструкции), который зависит от уровней амплитуд напряжений σ_{ai}^k в i -ом интервале эксплуатационных нагрузок k -го режима нагружения. Соответствующие уровни амплитуд напряжений определяются экспериментальными методами с учетом возможного изменения в связи с коррозионным износом, в зависимости от особенностей эксплуатации, типа грузового вагона и перевозимого груза: при действии вертикальных динамических нагрузок, продольных ударных сил, дополнительных силовых факторов в результате взаимодействия с относительно подвижными грузами, при выполнении погрузочно-разгрузочных операций, ремонтных нагрузок и т. п.

Таким образом, выражение для определения срока службы вагона принимает вид

$$T_p = N_0 \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]} \right)^m}{\sum_k \left[K^k \sum_i (\sigma_{ai}^k)^m \cdot p_i^k \right]},$$

где N_0 – базовое число циклов; m – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах; K_k – коэффициент, связывающий суммарное число циклов динамических напряжений с расчетным суммарным сроком службы для k -го режима нагружения; p_i^k – частота действия уровня амплитуд напряжений σ_{ai}^k в i -ом интервале k -го режима нагружения.

По результатам расчетов установлено, что после модернизации котла вагона-цистерны при ее эксплуатации до полуторного нормативного срока службы (48 лет) величина коэффициента запаса сопротивления усталости выросла в области сливного прибора на 64% и на котле в зоне приварки шпангоута на 51,6% и в меньшей степени в области люка лаза на 8,6%. В то же время после модернизации рамы вагона цистерны величина коэффициента запаса сопротивления усталости выросла в самом опасном сечении на 0,43%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен комплекс расчетов на прочность и устойчивость металлоконструкции вагона-цистерны модели 15-1443, нормативный срок службы которой исчерпан (32 года), с учетом ее фактического физического состояния. Предложены технические решения по модернизации. Выполнена расчетная оценка остаточного ресурса несущих конструкций вагона после длительной эксплуатации из условия циклической прочности, в том числе с учетом проведенных работ по их модернизации. Установлено:

- усиление зоны сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы подкрепляющими косынками приводит к снижению эквивалентных напряжений на 52 % в рассматриваемой области, но в тоже время практически не сказывается на коэффициенте запаса сопротивления усталости;
- установка дополнительных подкрепляющих незамкнутых кольцевых шпангоутов на цилиндрической части котла не приводит к существенному снижению его напряженного состояния, в то же время повышение коэффициента запаса устойчивости достигает 45 %, а так же происходит значительное увеличение коэффициента запаса сопротивления усталости в зоне приварки шпангоутов на 51,6% и в зоне установки сливного прибора на 64%.

Предлагается в рамках проведения капитального ремонта с продлением срока службы (КРП) вагонов-цистерн выполнять установку усиливающих косынок в местах сочленения хребтовой и шкворневой балок, а также наряду с постановкой усиливающих накладок на котел вагона в соответствии с проектом М1670.000 выполнять установку кольцевых незамкнутых шпангоутов, в отличие от предлагаемых проектом. Полученные результаты позволяют снизить расходы на проведение КРП, а также исключить крупные разовые затраты на обновление наливного подвижного состава, основные технико-экономические параметры которого зачастую не имеют существенных отличий от эксплуатируемого.

Литература

1. Беликов, Н. В. Определение давления срабатывания хлопающих предохранительных мембран с использованием «АСНИ-МЕМБРАНА» и конечно-элементного комплекса ANSYS: учеб.-метод. пособие для вузов / Н. В. Беликов, Ю. М. Занимонец, А. В. Наседкин. – Ростов н/Д: УПИ РГУ, 1998. – 30 с.
2. Вольмир, А. С. Устойчивость деформируемых систем / А. С. Вольмир. – М.: Наука, 1967. – 984 с.
3. Косицин, С. Б. Исследование потери устойчивости оболочки железнодорожной цистерны / С. Б. Косицин, Г. А. Мануйлов // Вычислительная механика деформируемого твердого тела: труды междунар. науч.-техн. конф. Москва, 31 января – 2 февраля 2006 г. В 2 т. Т. 1 – М., 2006. – С. 236 – 240.
4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.

©БелГУТ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ

П.М. АФАНАСЬКОВ, А.В. ПИГУНОВ

The analysis of corrosion damage flat cars. Established finite element model of the structure of the car, studied the stress-strain state, the technique of ultrasonic thickness

Ключевые слова: вагон-платформа, неразрушающий контроль

Конструкторским бюро БЕЛАЗ для Могилевского вагоностроительного завода была спроектирована конструкция специализированного вагона-платформы для перевозки контейнеров. База вагона – 14860 мм.

Разработанная конечно-элементная модель предназначена для оценки несущей способности рамы и построена для вагона-платформы в целом с учетом возможности приложения любого сочетания и вида эксплуатационных нагрузок. Она с достаточной точностью аппроксимирует металлоконструкцию рамы вагона-платформы. Для составления расчетной модели использовались два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3-х и 4-х угольные. Параметры расчетной модели следующие: количество узлов – 17571, количество конечных элементов – 16385. Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автосцепного устройства, пятников и скользунов.

После нагружения расчетной модели конструкциями сочетаниями установленных нормами нагрузок [1], была произведена серия прочностных расчетов. Максимальные расчетные эквивалентные напряжения для I и III расчетных режимов составляют 327,75 МПа и 308,75 МПа, что соответствует 97 и 90% от допускаемых значений. Если детально проанализировать уровень напряжений, возникающих в металлоконструкции при воздействии сочетания различных эксплуатационных нагрузок, то можно констатировать, что расчетные эквивалентные напряжения колеблются в пределах 30-60% от допускаемых и наблюдаются во всей металлоконструкции рамы.

Разработанная методика диагностирования состояния вагонов-платформ предусматривает визуальный и физический контроль металлоконструкции их рам. Визуальный контроль обнаруживает недопустимые прогибы хребтовой и боковых балок рамы; определяет пропеллерность кузова и рамы; выявляет трещины по сварке и основному металлу элементов вагона. Физический контроль производится для определения с помощью ультразвукового толщиномера степени коррозионных повреждений элементов рамы вагона путем установления остаточной толщины стенок и полок профилей. Предельные значения коррозионного износа элементов рамы вагона – 30% от номинальной их толщины, устанавливаемой конструкторской документацией завода-изготовителя.

Согласно разработанной методике, места расположения зон и сечений обследования определялись двумя факторами: существующей информацией о степени повреждения металла коррозией, т.е. информацией, которая позволяет выявить зоны и участки идентичных коррозионных повреждений; качеством получения данных для обоснования возможности распространения выборочной информации на весь кузов и принятия правильного решения о способе восстановления поврежденного участка.

В соответствии с вышеперечисленными факторами кузов по длине разбит на три зоны: зона 1 и 3 – от концевой балки рамы вагона до первой поперечной балки на длине 3272 мм; зона 2 – в пределах 500 мм от центральной поперечной балки. Таким образом, зоны 1 и 3 выбраны для контроля вследствие их более высокой повреждаемости коррозией и эксплуатационными нагрузками в сравнении с другими участками рамы, а 2 зона – наиболее подвержена усталостным повреждениям.

Литература

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

©БГТУ

АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ ПОДВИЖНОГО СЕКТОРА ФРЕЗЫ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ЕЕ РАЗГОНА

И.С. БОБЫЛЁВ, В.С. ВИХРЕНКО

The wood milling cutter with movable sector that carries cutting knives is considered. The relative dynamical equilibrium of the sector with respect to the frame of the wood milling cutter during the run-up process under the influence of the inertial and friction forces is investigated. It is shown that during the early stage of the run-up process the friction forces assure the relative equilibrium of the movable sector with respect to the frame of the wood milling cutter

Ключевые слова: фреза сборная, подвижный сектор, силы инерции, коэффициент трения

Фрезерование широко используется в деревообработке [1]. В данной работе рассматривается конструкция фрезы сборной [2] для деревообрабатывающих станков, имеющей подвижный сектор, несущий режущий нож. Фреза состоит из корпуса, в котором расточены два – четыре паза типа «ласточкин хвост». В пазы корпуса устанавливают поворотные быстросъемные секторы-ножедержатели. Для настройки резца на требуемый угол резания сектор-ножедержатель поворачивают и фиксируют в требуемом положении винтами. Важной особенностью фрезы является возможность быстрой смены затупившихся ножей или перенастройки углов резания при смене породы обрабатываемой древесины, что уменьшает производственные потери времени и увеличивает производительность оборудования.

В работе выполнен расчет сил взаимодействия подвижного сектора фрезы с ее корпусом на начальном этапе разгона при его асимметричном расположении (повернут на угол γ от плоскости симметрии фрезы). В установившемся процессе работы фрезы ее частота вращения составляет от нескольких тысяч до десяти тысяч оборотов в минуту и остается практически постоянной. Возникающие при этом центробежные силы инерции велики и, в соответствии с конструкцией сборной фрезы, приводят к большим значениям нормальных сил взаимодействия соприкасающихся поверхностей подвижного сектора и корпуса фрезы. Благодаря этому силы трения в установившемся режиме работы надежно, с большим запасом, фиксируют положение подвижного сектора относительно корпуса фрезы. Иная ситуация складывается на этапе разгона фрезы, когда угловая ее скорость ω мала, а угловое ускорение ϵ значительно (достигает $600\text{--}900\text{ с}^{-2}$), что приводит к большим значениям касательных сил и моментов сил инерции, стремящихся повернуть подвижный сектор относительно корпуса. Этот поворот приведет к изменению настройки углов резания, и даже может привести к выбросу сектора из корпуса фрезы, создавая опасность для обслуживающего персонала.

На первом, начальном, этапе разгона угловая скорость и, соответственно, центробежная сила инерции не велики, касательные силы инерции и момент сил инерции приводят к перекосу подвижного сектора и его касанию с корпусом в двух противоположных точках. На рисунке показана расчетная зависимость от времени (горизонтальная ось) минимально необходимого коэффициента трения (вертикальная ось), обеспечивающего относительное равновесие подвижного сектора, на этом этапе, продолжительность которого составляет 0,018 с при $\gamma=0,1$ рад и $\varepsilon=900$ с⁻². Как следует из рисунка, требуемый коэффициент трения не превышает 0,11, так что для стальных корпуса фрезы и подвижного сектора (для которых $f \approx 0,15$) условие относительного равновесия на первом этапе обеспечивается.

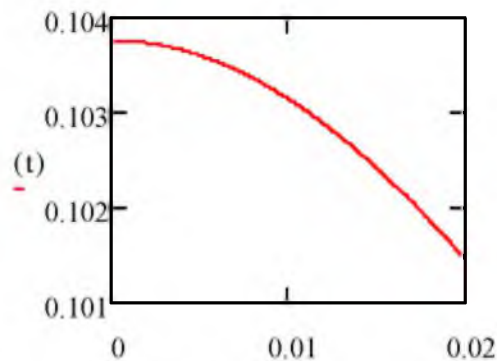


Рис. – Расчетная зависимость от времени минимально необходимого коэффициента трения

Литература

1. Амалицкий В. В. Деревообрабатывающие станки и инструменты / В. В. Амалицкий М.: Академия, 2007.
2. Гришкевич А. А. Экспериментальная установка для исследования процесса фрезерования древесины и древесных материалов / А. А. Гришкевич, А. Ф. Аникеенко // Труды БГТУ. Лесная и деревообр. промышл. Минск, 2005. Вып XIII. Сер. II. С. 202–204.

©БНТУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРОВОЛОЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ С ПОВЕРХНОСТЬЮ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКИ

П.С. БОГДАН, М.Г. КИСЕЛЕВ

In the process, it was created laboratory setup for the processing of initial surface electric-wire instrument, as well as the technique and established a system for assessing its cutting ability. It was found that the use of electric-processing the original surface of the wire gives it a cutting tool capacity with respect to the materials, the hardness is lower than the hardness of the wire. The effect of electric-mode surface treatment wire tool on its cutting ability. Defined technological parameters of the cutting process. The practical application is the cutting of wood, marble, sawing bones operations amputation or trepanation

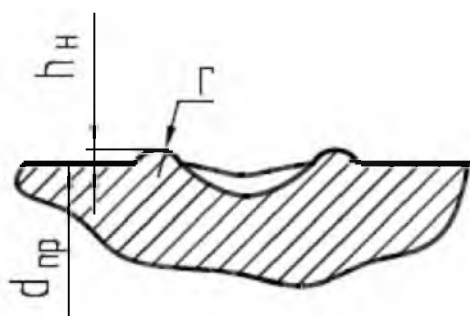
Ключевые слова: непрофилированный инструмент, проволочная резка, пила Джигли, электроконтактная обработка, режущая способность.

Объектом разработки является проволочный инструмент с модифицированной исходной поверхностью.

Тонкая стальная проволока используется в качестве инструмента на операциях распиливания материалов, прочность которых ниже прочности проволоки, например древесина, мрамор. В этом случае разрушение обрабатываемого материала происходит за счет высокого давления на поверхность, вследствие чего данная операция характеризуется низкой производительностью выполнения, либо за счет нанесения на ее поверхность методом накатки режущего контура, что требует повышенного диаметра проволоки и технологически сложно. В хирургии применяются также витые проволочные пилы Джигли, в которых роль режущих элементов выполняют витки тонкой проволоки, навитые на сердечник, что повышает производительность резки, но усложняет производство. При этом по сравнению с другими аналогичными инструментами, проволочный обладает некоторыми преимуществами: позволяет выполнять резку на большие глубины, контурную резку, обеспечивает меньшую толщину реза.

Следует подчеркнуть, что на сегодняшний день данные операции распиливания выполняются проволокой, имеющей поверхность в исходном состоянии (после волочения), а в литературных источниках отсутствуют сведения, касающиеся целенаправленной модификации поверхности проволочного инструмента с целью придания ему режущей способности для обработки материалов, твердость которых ниже твердости проволоки. Наиболее близким к рассматриваемому процессу электроконтактной обработки поверхности проволочного инструмента с целью придания ей режущей способности является процесс насыщения рабочей поверхности непрофилированного инструмента зернами алмазного порошка путем их шаржирования либо гальванического закрепления. Однако полученные таким образом инструменты дороги и применять их для распиливания мягких материалов экономически нецелесообразно.

а)



б)

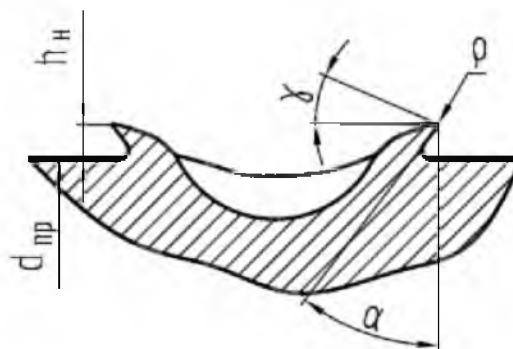


Рис. 1. – Схема наплывов металла, формируемых на поверхности проволочного инструмента в процессе ЭКО

Целью данной работы является оценка эффективности применения электроконтактной обработки поверхности проволочного инструмента для придания ему режущей способности относительно «мягких» материалов.

Как показали результаты исследования, энергия электрического импульса оказывает влияние на форму образующихся на ней наплывов металла (рисунок 1). Так, при малом ее значении эти наплывы имеют незначительную высоту и скругленную (радиусом r) по краю лунки форму (рисунок 1а). По мере возрастания энергии импульса, одновременно с увеличением высоты наплывов изменяется и их форма, они становятся более вытянутыми и имеют характерную границу (кромку) в месте сопряжения с исходной поверхностью проволоки (рисунок 1б).

Следует подчеркнуть, что наличие на поверхности проволочного инструмента именно таких наплывов металла придает ей режущую способность, так как они представляют собой своеобразные режущие элементы. В частности, они характеризуются расположенной по криволинейной в плане режущей кромкой с радиусом при ее вершине r , передним углом γ и задним α . Поэтому в процессе распиливания они способны снимать стружку с обрабатываемого материала при условии, что его твердость ниже твердости проволочного инструмента.

На рисунке 2 показана фотография поверхности проволоки после электроконтактной обработки, полученная с помощью электронной микроскопии. Форма образовавшейся лунки и наплывов вокруг нее соответствует описанной теоретически. Особо следует отметить наличие острых кромок на наплывах застывшего металла, так как данные кромки являются по факту микролезвиями и должны способствовать интенсификации процесса распиливания.



Рис. 2. – Фотография поверхности проволоки после ее электроконтактной обработки

Таблица 1. Высота наплывов металла на поверхности проволочного инструмента и значение интенсивности распиливания им образцов из различных материалов в зависимости от напряжения накопительного конденсатора

Напряжение накопительного конденсатора, В	Интенсивность распиливания образцов из различных материалов, мм ² /мин			
	Мрамор	Органическое стекло	Кость	Дерево
38	0	0,15	1,2	0,27
46	0,45	0,3	1,2	0,45
75	2,4	3,3	8	16,2

Таблица 2. Зависимость максимального значения силы резания $F_{p\max}$ от продолжительности выполнения операции t при обработке образцов испытываемым проволочным инструментом

Материал	Напряжение обработки, В	Время с начала распиливания, мин	Сила резания, Н
Дерево	38	0	0,015
		5	0,025
		10	0,03
	46	0	0,025
		5	0,03
		10	0,035
	75	0	0,035
		5	0,04
		10	0,04
Углеродистый	38	0	0,005
		5	0,01
		10	0,01
	46	0	0,015
		5	0,02
		10	0,025
	75	0	0,045
		5	0,05
		10	0,05
Органическое стекло	38	0	0,02
		5	0,025
		10	0,03
	46	0	0,03
		5	0,035
		10	0,04
	75	0	0,05
		5	0,055
		10	0,06

Влияние напряжения накопительного конденсатора при выполнении ЭКО проволочного инструмента на высоту наплывов металла, получаемых на его поверхности, а также на значение интенсивности распиливания им образцов из различных материалов отражают данные, приведенные в таблице 1.

Таким образом, экспериментально установлено, что применение электроконтактной обработки (модификации) исходной поверхности тонкой стальной проволоки позволяет придать ей режущую способность, а соответственно, получить непрофилированный (проволочный) режущий инструмент, который может быть эффективно использован для обработки (распиливания, вырезания) материалов, твердость которых ниже твердости проволоки, например, дерева, органического стекла, костной ткани.

В таблице 2 приведены экспериментально полученные зависимости максимального значения силы резания, действующей в зоне распиливания от продолжительности выполнения операции при обработке образцов из различных материалов испытываемым проволочным инструментом, исходная поверхность которого подвергнута электроконтактной обработке при трех значениях напряжения накопительного конденсатора U .

Из анализа таких зависимостей следует, что во всех случаях с увеличением напряжения накопительного конденсатора U в ходе электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента значение сил резания, действующих в зоне обработки, возрастает. Объясняется это тем,

что с повышением U возрастают как размеры получаемых на ней лунок, так и образовавшихся по их краям наплывов металла.

С повышением продолжительности распиливания до 5 минут, то есть с увеличением глубины пропила на образце, значение сил сопротивления F_c , действующих в зоне обработки, а также величина сил трения $F_{тр}$ во всех случаях возрастает. Связано это с изменениями условий взаимодействия поверхностей проволочного инструмента и обрабатываемого образца, и в частности, с увеличением площади их контактирования, вызывающего повышение сил трения.

При дальнейшем увеличении продолжительности распиливания образцов, вплоть до 10 минут, величина сил сопротивления F_c , действующих в зоне обработки, возрастает. Что касается сил трения $F_{тр}$, то их величина на это временном участке обработки остается постоянной, в результате чего значение сил резания по мере увеличения t возрастает. Наличие такой зависимости $F_p(t)$ объясняется снижением режущей способности модифицированной поверхности проволочного инструмента за счет изнашивания и затупления режущих кромок, что сопровождается возрастанием сил резания. Кроме того, это вызвано накоплением продуктов обработки, которые представляют собой мелкодисперсные частицы материала образца.

Для измерения шероховатости распилу были подвергнуты образцы из дерева и органического стекла. После распиливания образцы закреплялись на рабочем столе профилометра, на котором и производились измерения, результаты которых сведены в таблицу 3.

Из анализа данных видно, что получаемая шероховатость лежит в пределах 4,13-9,11 мкм для дерева и 3,44-7,53 для органического стекла, что указывает на достаточно тонкий характер обработки и высокое качество получаемой поверхности. Величина шероховатости поверхности прогнозируемо увеличивается при увеличении напряжения обработки проволочного инструмента, что вызвано увеличением наплывов металла на поверхности, то есть увеличение режущих элементов и, как следствие, глубины удаляемого за один проход слоя.

Для определения величины износа проволочные образцы подвергались электроконтактной обработке при трех различных напряжениях (38, 46, 75 В). После обработки по описанной методике измерялась высота наплывов металла на поверхности проволоки. Далее производилось распиливание образцов на протяжении 10 минут. После этого выполнялись повторные замеры высоты наплывов. Результаты приведены в таблице 4

Таблица 3. Результаты измерений шероховатости поверхности распила (R_a , мкм)

Материал	Напряжение обработки, В		
	60	70	80
Дерево	4,13	8,23	9,11
Орг. стекло	3,44	3,73	7,53

Таблица 4 – Значения высоты наплывов металла при определении износа инструмента

Исходная высота наплывов металла на поверхности проволочного инструмента, мкм	Высота наплывов металла на поверхности проволочного инструмента после распиливания им различных материалов, мкм		
	Органическое стекло	Кость	Дерево
5	3	2	4
9	6	8	7
14	13	13	12

Из анализа приведенных данных видно, что уменьшение высоты наплывов за 10 минут распиливания составляет 1–3 мкм. При этом относительное уменьшение высоты наплывов металла наибольшее при малом напряжении обработки (60%), при более высоком напряжении за счет увеличения исходной высоты наплывов относительной уменьшения падает до 11%.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что применение электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента является эффективным и простым в реализации способом придания ей режущей способности, что достигается путем формирования на ней, за счет явления электрической эрозии, конструктивных элементов (наплывов металла), выполняющих роль миниатюрных фасонных резцов, обеспечивающих при распиливании (вырезании) процесс резания материала заготовки, если его твердость ниже твердости проволоки.

Экспериментально определены, описаны и проанализированы основные технологические показатели процесса резания различных материалов проволокой с модифицированной поверхностью.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

А.М. БОРОВИК, В.Р. СТЕМПИЦКИЙ

A new approach of nanoscale MOSFETs electrical characteristics calculating, the essence of which is the use of correction factors, as well as such values of classic drift-diffusion models, which would effectively take into account the quantum-mechanical transport mechanisms is proposed

Ключевые слова: наноразмерный МОП-транзистор, компьютерное моделирование, оптимизация, метод прямого поиска

1. ВВЕДЕНИЕ

Каждый переход к новым технологическим нормам проектирования приводит к появлению новых физических эффектов в МОП-транзисторах, для учета которых необходимо создание новых моделей. Стандартные программные средства проектирования и моделирования в микроэлектронике основаны на многообразных моделях транспорта носителей заряда в приборных структурах. Физические параметры этих моделей «экстрагированы» по результатам экспериментов с конкретными материалами, технологическими процессами, а также приборными структурами, сформированными с определенными технологическими нормами. Очевидно, что моделирование и проектирование с использованием таких моделей в других условиях, с другими технологическими нормами, могут привести к неадекватным результатам. Таким образом, задача адаптации параметров физико-математических моделей, используемых в стандартных средствах проектирования изделий микроэлектроники, для нанометровых проектных норм, как и задача разработки соответствующих методов моделирования, реализованных в программных средствах, является важной и актуальной.

2. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРИБОРОВ

Физико-математические модели полупроводниковых приборов описываются системой фундаментальных уравнений, которые связывают электростатический потенциал и плотность носителей заряда. Эта система уравнений выводится из законов Максвелла и состоит из уравнения Пуассона, уравнений непрерывности, транспортных уравнений и уравнений энергетического баланса. Для точного учета квантовых эффектов эти уравнения необходимо дополнить уравнением Шредингера. Стандартной моделью транспорта носителей заряда является диффузионно-дрейфовая модель, которая дает физически адекватные результаты для приборов, изготовленных по микронным и субмикронным технологическим нормам. Однако уменьшение размеров элементов ИМС приводит к появлению новых физических эффектов, в том числе и квантовых, которые следует учитывать в процессе разработки моделей [1-3].

Рассмотрим некоторые физические эффекты, проявляющиеся в наноразмерных приборах, которые не учитываются в рамках стандартной диффузионно-дрейфовой модели.

1.1 Уменьшение подвижности вследствие увеличения вертикальной компоненты электрического поля

Малая толщина подзатворного диэлектрика наноразмерных МОП-транзисторов приводит к увеличению напряженности вертикальной компоненты электрического поля под затвором до величины, когда происходит уменьшение подвижности вследствие рассеяния носителей на шероховатостях поверхности, фононах и неподвижных зарядах вблизи поверхности [3]. Модель подвижности Ломбарди [4], учитывающая снижение подвижности носителей заряда вследствие высокой степени их рассеяния вблизи границы раздела полупроводник-диэлектрик, успешно используется при моделировании многих приборов микроэлектроники. Дарвишем была предложена улучшенная версия этой модели, в которой введены две модификации. Первая касается описания подвижности с использованием модели Клаасена, в которой учитываются эффекты кулоновского экранирования. Вторая модификация связана с использованием нового выражения для описания эффекта шероховатости поверхности [4, 5].

Вклад, обусловленный шероховатостью поверхности, μ_{sr} определяется в модели Дарвиша следующими выражениями:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{E_{\perp}}{\delta}, \quad \gamma = A + \frac{\alpha(n+p)}{N^{\eta}}, \quad (1)$$

где n и p – концентрации электронов и дырок соответственно, N – полная концентрация примесей $(ND+NA)$, $E_{\perp}$ – напряженность эффективного электрического поля.

Вклад, обусловленный рассеянием на акустических фононах, определяется следующими соотношениями:

$$\mu_{ac} = \left(\frac{B}{E_{\perp}^E} + \frac{CN^{\tau}}{E_{\perp}^D} \right) \frac{1}{T}, \quad T = \left(\frac{T_L}{300} \right)^{\kappa}, \quad (2)$$

где T_L – температура.

1.2 Уменьшение продольной подвижности

При малой напряженности поля дрейфовая скорость носителей линейно зависит от напряженности электрического поля. Однако, начиная с напряженности насыщения, скорость носителей становится постоянной и, соответственно, происходит снижение подвижности носителей. Этот эффект является существенным именно для короткоканальных транзисторов, поскольку уменьшение длины канала происходит быстрее, чем рабочих напряжений транзистора [3]. Описана методика определения зависимости подвижности от продольного и поперечного поля для субмикронных транзисторов [6]. Методика основана на экстракции параметра β и скорости насыщения v_{sat} в выражении для зависимости скорости носителей от напряженности продольного $E_{||}$ и поперечного эффективного полей:

$$\mu(E_{||}, E_{\perp}) = \frac{\mu_0(E_{\perp})E_{||}}{\left[1 + \left(\frac{\mu_0(E_{\perp})E_{||}}{v_{sat}} \right)^{\beta} \right]^{1/\beta}}, \quad (3)$$

где μ_0 – подвижность электронов при значении напряженности эффективного поля $E_{\perp}$.

$$v_{sat} = \frac{\alpha}{1 + \theta \exp\left(\frac{T_L}{T_{nom}}\right)}$$

1.3 Эффект обеднения в поликремниевом затворе

В субмикронных транзисторах толщина подзатворного диэлектрика настолько мала, что становится сравнима с толщиной области обеднения в поликремниевом затворе. Слой обеднения увеличивает эффективное расстояние между затвором и полупроводником, что приводит к увеличению порогового напряжения. Необходимо учитывать квантовомеханическую природу инверсионного слоя и вводить соответствующие поправки для толщины области обеднения [3].

1.4 Эффект квантования инверсионного слоя

Для эффективного управления каналом МОП-транзистора толщина окисла наноразмерных структур должна составлять несколько нанометров, а концентрация примеси в подложке должна быть увеличена. Но это уменьшает толщину области пространственного заряда и одновременно увеличивает напряженность электрического поля у поверхности. Поэтому потенциальная яма для электронов становится настолько узкой, что пренебречь квантовомеханической природой электронного газа уже нельзя [3]. Инверсионный слой действует как квантовый колодец для электронов. В результате разрешенные энергетические состояния электрона оказываются дискретными [6, 7].

Плотность состояний имеет важный физический смысл, так как она определяет концентрацию электронов в конкретной области любого материала или прибора, а также интенсивность рассеяния электронов в этой области. Плотность электронных состояний в квантовой пленке в зависимости от энергии представляет собой ступенчатую функцию, которая заменяет типичную параболическую зависимость для свободных электронов в трехмерных структурах [7, 8]. Следствием квантового ограничения является уменьшение плотности состояний и концентрации электронов у поверхности и, соответственно, рост порогового напряжения. Уменьшается также величина удельной емкости подзатворного диэлектрика и увеличивается его эффективная толщина.

3. МЕТОД ПРЯМОГО ПОИСКА

Оптимизация как эффективный алгоритм, позволяющий получить область экстремума целевой функции с заданной точностью, является основной областью использования методов и результатов проведения статистического анализа данных. Особую актуальность имеют методы и алгоритмы, позволяющие получать оценки вектора управляемых переменных, которому соответствует

минимальное значение функции $f(x)$. Задача нахождения минимума функции $f(x)$ решается посредством процедуры систематического получения последовательности точек $x_0, x_1, \dots, x_k$ таких, что $f(x_0) > f(x_1) > \dots > f(x_k) > \dots$. Механизм образования последовательности точек и его эффективность в локализации точки минимума в сильной мере зависят от минимизируемой функции, а также информации, которая может быть использована для определения следующей точки [9].

Методы, ориентированные на решение задач безусловной оптимизации, можно разделить на три класса в соответствии с типом используемой при реализации того или иного метода информации, а именно: методы прямого поиска, основанные на вычислении значений целевой функции $f(x)$; градиентные методы, в которых используются значения первых производных $f'(x)$; методы второго порядка, использующие также вторые производные функции $f(x)$.

Для того, чтобы избежать значительных временных затрат на вычисление частных производных при решении задач с числом независимых переменных пять и более предпочтительно использовать прямые методы оптимизации (нулевого порядка). К числу общих особенностей этих методов следует отнести относительную простоту соответствующих вычислительных процедур, которые легко реализуются и быстро корректируются.

Идея используемой методики заключается в выборе базовой точки и оценке значений целевой функции в точках, окружающих ее. При решении задачи с двумя переменными можно воспользоваться квадратным образцом, представляющим собой базовую точку в центре и пробные точки в вершинах. Затем «наилучшая» из пяти исследуемых точек выбирается в качестве следующей базовой точки. В задачах большой размерности вычисление значений целевой функции проводится во всех вершинах, а также в центре тяжести гиперкуба [10].

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования эффективности применения различных моделей и дальнейшей оптимизации диффузионно-дрейфовой модели использовалась n-канальная МОП-структура, результаты экспериментального измерения вольтамперных характеристик (ВАХ) которой получены Microsystems Technology Laboratory [11]. Моделирование МОП-транзистора с целью анализа и сравнения различных подходов осуществлялось с использованием стандартной диффузионно-дрейфовой модели и диффузионно-дрейфовой модели с коррекцией квантовым потенциалом Бома. При этом использовались модель подвижности Дарвиша, модель рекомбинации Шокли-Рида-Холла, статистика Ферми-Дирака [4].

Использование диффузионно-дрейфовой модели с коррекцией квантовым потенциалом Бома обеспечивает получение результатов моделирования, хорошо согласующихся с экспериментальными результатами (рисунк 1). Полученные ВАХ одного и того же прибора в зависимости от используемых моделей значительно отличаются, что свидетельствует о высокой степени проявления квантовых эффектов и неадекватности стандартных классических моделей для исследования подобных структур.

С целью верификации параметров диффузионно-дрейфовой модели для наноразмерных приборов будем варьировать значения плотности состояний в области канала. Также введем корректирующие коэффициенты в выражения моделей подвижности носителей заряда в поперечном и продольном электрически поле, основываясь на анализе уравнений модели и результатах проведенных отсеивающих экспериментов, позволяющих выявить наиболее значимые параметры сложных многофакторных процессов и зависимостей [12]. Адаптация параметров модели осуществляется в соответствии с методикой прямого поиска. Новое значение эффективной плотности состояний для электронов равно $2.5 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$. После введения корректирующих коэффициентов выражения для описания подвижности носителей заряда приняли вид:

$$\gamma = 1,0455A + \frac{\alpha(n+p)}{N^n}, \quad (5)$$

$$\mu_{ac} = \left(\frac{B}{E_{\perp}^{0,97E}} + \frac{CN^{\tau}}{E_{\perp}^{0,97D}} \right) \frac{1}{T}, \quad (6)$$

$$\mu(E_{\parallel}, E_{\perp}) = \frac{\mu_0(E_{\perp})E_{\parallel}}{\left[1 + \left(\frac{\mu_0(E_{\perp})E_{\parallel}}{v_{sat}} \right)^{0,56\beta} \right]^{1/0,56\beta}}, \quad (7)$$

$$v_{sat} = \frac{0,97\alpha}{1 + \theta \exp\left(\frac{T_L}{T_{nom}}\right)} \quad (8)$$

Рисунок 2 демонстрирует вольт-фарадные характеристики, полученные при различных подходах моделирования. На рисунке 3 представлены ВАХ МОП-транзистора, полученные экспериментально и в результате моделирования с использованием диффузионно-дрейфовой модели. При этом использовались значения плотности состояний и выражения модели подвижности как по умолчанию, так и оптимизированные.

Результаты, полученные с использованием оптимизированных уравнений модели, соответствуют экспериментальным, что свидетельствует об эффективности применения предложенного подхода при адаптации параметров диффузионно-дрейфовой модели наноразмерных МОП-транзисторов.

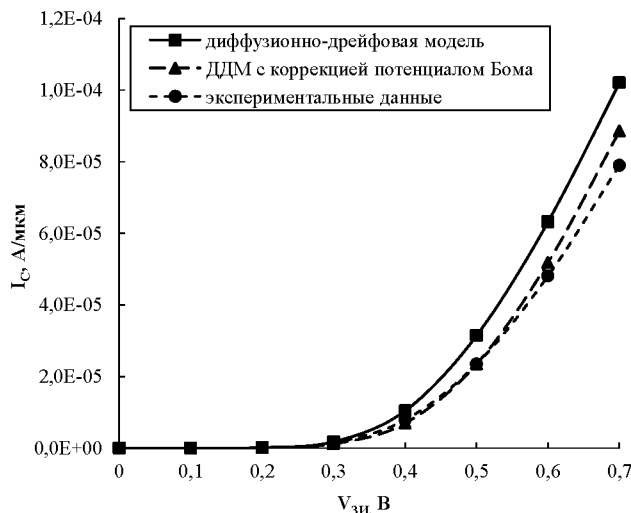


Рис. 1. – ВАХ МОП-транзистора ($U_{си}=1,01$ В),

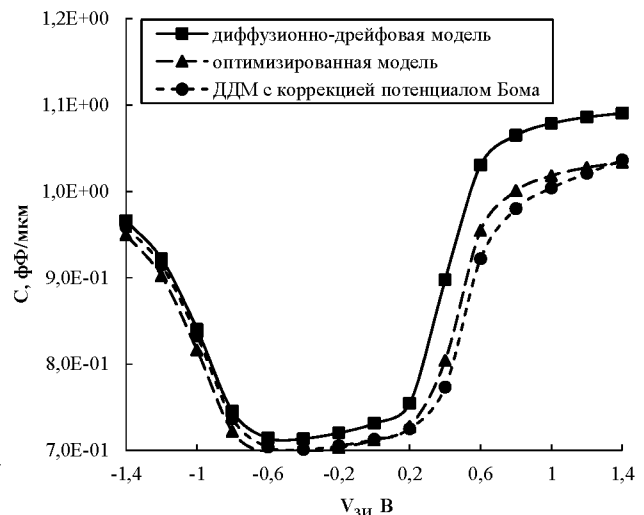


Рис. 2. – Вольт-фарадные характеристики МОП-транзистора

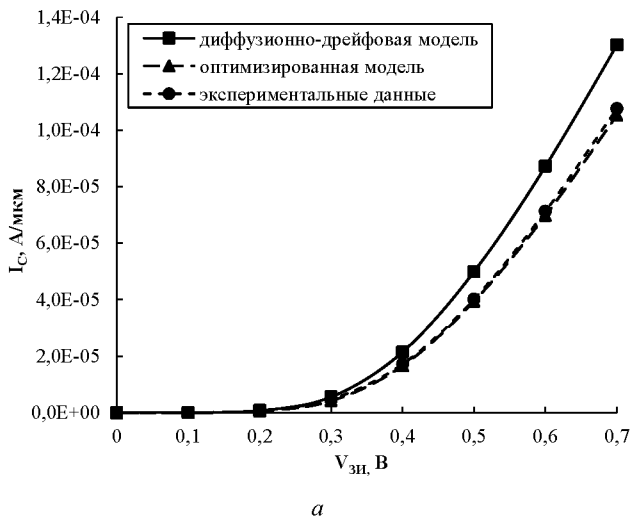
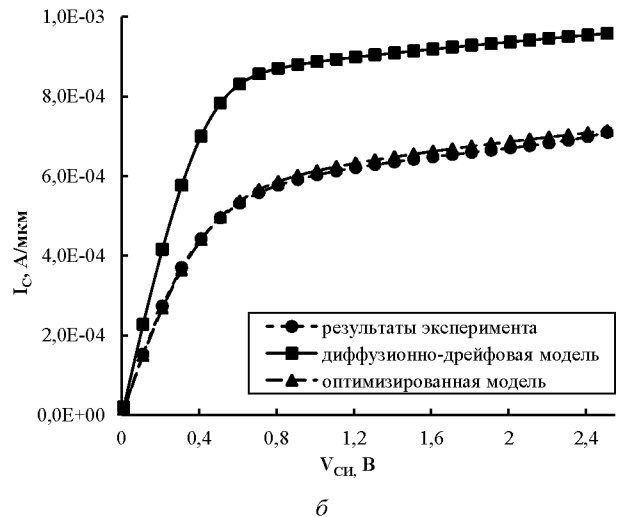


Рис. 3. – ВАХ МОП-транзистора: а – переходная ($U_{си}=2,01$ В), б – выходная ($U_{зи}=2$ В)



5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты разработки и апробации методов верификации параметров приборно-технологических моделей наноразмерных полупроводниковых приборов позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Предложенная методика моделирования электрических характеристик наноразмерных полупроводниковых приборов, основанная на использовании корректирующих коэффициентов к параметрам диффузионно-дрейфовой модели, рассчитываемых с использованием методов определения

значимых параметров сложных многофакторных систем и методов оптимизации, позволяет получить согласие с экспериментальными данными с относительной погрешностью не более 5 %.

2. Корректирующие коэффициенты к параметрам диффузионно-дрейфовой модели позволяют адекватно описывать электрофизические характеристики наноразмерных МОП-транзисторов и обеспечивают сокращение длительности расчетов в среде современных программных комплексов технологического и приборного моделирования от 2 до 5 раз при отсутствии необходимости анализа большого количества комбинаций значимых параметров.

Литература

1. Vasilevska D., Khan H.R., Ahmed S.S. Quantum and Coulomb Effects in NanoDevices // Nano-Electronic Devices. 2005. Vol. 4. P. 305-361
2. Нелав В.В., Стеллецкий В.Р. Основы САПР в микроэлектронике. Моделирование технологии и прибора. – Мн.: БГУИР, 2008. – 220 с.
3. Денисенко В.В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и нанoeлектронике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 408 с.
4. ATLAS User's Manual. Device simulation software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: atlas_users.pdf.
5. Darwish M., Lentz J.L., Pinto M.R. et al. An improved electron and hole mobility model for general purpose device simulation // IEEE Trans. Electron Devices. 1997. Vol. 44(9). P. 1529-1538.
6. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. – М.: Техносфера, 2011. – 800 с.
7. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Данилюк А. Л. и др. Нанoeлектроника: Теория и практика. – М.: Бином, 2013. – 366 с.
8. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2000 – 332 с.
9. Аоки М. Введение в методы оптимизации. – М.: Наука, 1977. – 344 с.
10. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Регсдел К. Оптимизация в технике. Книга 1. – М.: Мир, 1986. – 349 с.
11. "Well-Tempered" Bulk-Si NMOSFET Device Home Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www-mtl.mit.edu/researchgroups/Well/>.
12. Боровик А. М. Исследование значимости параметров модели подвижности Дарвиша для описания токопереноса в наноразмерных МОП-транзисторах // Доклады БГУИР. 2015. № 1. – С. 12-17.

©БГТУ

ФОРМОВОЧНЫЕ СВОЙСТВА ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ДЛЯ ОБУВИ

В.Д. БОРОЗНА, А.Н. БУРКИН

The paper considered the methodologies for assessment of ability of shoe materials to formation by inner way. On the basis of literature sources, indicators were defined, their ratings were indicated and complex coefficient for assessment of ability of fabric-baked artificial leathers to formation by inner way was calculated. The article describes a rapid method of estimating the properties of materials and high cycle loading device. The essence of a technique consists in multi-cycle loading of the bent at an angle sample and in supervision of the emergence of visible defects on its surface

Ключевые слова: формование, формовочные свойства, двухосное растяжение, деформация, качество

В условиях современного рынка большое значение отводится качеству обуви. При этом под качеством понимается как соответствие обуви требованиям, которые объединяют способность ее сохранять привлекательный внешний вид на протяжении всего периода эксплуатации, а также удобство и надежность. Повышенное требование к качеству обуви предопределяет необходимость не только постоянного совершенствования процессов её изготовления, но и повышения контроля качества как непосредственно в процессе производства, так и на предпроизводственной стадии.

В связи с этим исследования свойств материалов применяемых при производстве обуви направленные на повышение качества производимой обуви отечественными предприятиями играет важную роль. На качество обуви влияют физико-механические свойства материалов, так как они подвергаются сложному комплексу различных воздействий, таких как растяжение, сжатие, изгиб. Наибольшей деформации материал подвергается на этапе формования заготовки верха обуви. В работах проведенных ранее [1,2] был разработан комплекс показателей позволяющий оценить формовочные свойства материалов.

Объектами настоящего исследования были выбраны образцы искусственной кожи (ИК) турецкого производства. Испытания образцов ИК проводили на разрывной машине ИП 5158-5 в соответствии с ГОСТ 17316-71. Объем выборки был не менее 10 образцов на каждый вид испытаний. В процессе проведения испытаний образцы с рабочей частью (100x20) мм и растянуты на 15 % и выдержаны под нагрузкой в течение одного часа при нормальных условиях окружающей среды. После чего проводили замеры и по известным формулам [1] определялся коэффициент поперечного сокращения. В последующем образцы выдерживали сутки при нормальных атмосферных условиях и определяли относительное остаточное удлинение $\varepsilon_{ост}$ и относительное упругое удлинение $\varepsilon_{упр}$, а затем формулам представленным в работе [1] рассчитывали соответствующие коэффициенты K_{ϕ} и $K_{д}$. Для нахождения

ния значения коэффициента сохранения прочности K_{Π} деформированные на 15 % образцы после полной их релаксации вновь были подвергнуты одноосному растяжению до разрыва или деструкции основы ИК. По полученным значениям разрывной нагрузки материала после предварительной деформации P_i и разрывной нагрузки контрольного образца P_p не подвергнутого предварительному деформированию найдены значения указанного коэффициента. Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2. Обозначение «В» и «П» соответствуют направлению раскроя образцов: вдоль и поперек рулона материала.

В результате проведенных исследований установлено, что семь из исследуемых 12 ИК не выдерживают удлинение ε_l при $\sigma = 10$ МПа, что свидетельствует о непригодности их к использованию на ответственные детали верха обуви: носки и союзки. Эти материалы могут быть использованы в комбинированной обуви для таких деталей как: берцы, задники, голенища сапог и т.д. В таблице 2 оставлены только 5 ИК, которые в той или иной мере могут быть использованы в производстве обуви внутреннего способа формования.

Таблица 1 – Физико-механические свойства ИК NUBUK

Материал	Толщина, h , мм	Разрывная нагрузка, P_p , Н		Относительное удлинение при разрыве, ε_p , %		Относительное удлинение при $\sigma=10$ МПа, ε_l , %		Коэффициент растяжимости, A , %/Н	
		В	П	В	П	В	П	В	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUBUK 231	1,39	321	444	25	32	21	18	15	7
NUBUK-232	1,47	357	257	34	29	28	-	2	16
NUBUK 412	1,35	376	273	19	26	14	25	5	10
NUBUK 413	1,33	329	263	25	25	28	-	6	17
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUBUK-517	1,38	503	334	35	26	16	20	10	13
NUBUK-518	1,36	315	207	24	21	19	-	7	13
NUBUK-520	1,37	288	252	24	27	23	-	4	15
NUBUK 521	1,35	352	262	30	25	20	-	5	12
NUBUK 522	1,42	388	271	29	26	18	-	7	12
NUBUK 524	1,42	255	220	25	21	-	-	3	12
NUBUK-605	1,41	372	406	25	28	19	18	7	17
NUBUK 606	1,58	414	337	35	28	23	25	6	19

Таблица 2 –Показатели свойств ИК NUBUK при 15-% деформации

Материал	Коэффициент поперечного сокращения μ		Коэффициент формоустойчивости K_{ϕ}		Коэффициент соотношения остаточной упругой деформации K_D		Коэффициент сохранения прочности K_{Π}	
	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	0,95	0,95	0,23	0,34	0,30	0,51	0,92	1,03
NUBUK 412	0,67	0,83	0,20	0,18	0,24	0,23	1,08	1,03
NUBUK-517	1,33	0,95	0,35	0,40	0,53	0,56	0,79	0,92
NUBUK-605	0,95	0,95	0,30	0,23	0,43	0,30	1,00	0,90
NUBUK 606	0,95	0,95	0,18	0,30	0,23	0,43	0,97	1,08

Комплексный показатель K_K оценки способности искусственных кож к формованию внутренним способом рассчитан как среднее геометрическое значений K_i по формуле (1):

$$K_k = \sqrt[7]{\prod_{i=1}^7 K_i}, \quad (1)$$

Для определения комплексного показателя все входящие показатели в формулу были переведены в относительные оценки (равнозначные коэффициенты) K_i ($i=1-7$) и определены по формулам, представленные в работе [1]:

K_1 – оценка показателя относительного удлинения при разрыве, ε_p ;

K_2 – оценка показателя относительное удлинение при напряжении $\sigma=10$ МПа;

K_3 – оценка показателя коэффициент растяжимости, A ;

K_4 – оценка показателя коэффициент поперечного сокращения μ ;

K_5 – оценка показателя коэффициент формоустойчивости K_{ϕ} ;

K_6 – оценка показателя коэффициент соотношения остаточной упругой деформации K_D ;

K_7 – оценка показателя коэффициент сохранения прочности K_{II} .
Значения полученных коэффициентов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов K_i для определения комплексного показателя K_k оценки способности ИК к формированию внутренним способом

Материал	K_1		K_2		K_3		K_4		K_5		K_6		K_7		K_k	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
NUBUK 231	1	1	0,76	0,94	1	0,87	0,95	0,95	0,23	0,34	0,45	0,76	0,92	1,03	0,68	0,84
NUBUK 412	0	1	0,82	0,53	0,67	1	0,67	0,83	0,20	0,18	0,36	0,34	1,08	1,03	0,00	0,86
NUBUK-517	1	1	0,94	0,82	1	1	0,67	0,95	0,35	0,40	0,79	0,84	0,79	0,92	0,75	0,81
NUBUK-605	1	1	0,88	0,94	0,85	1	0,95	0,95	0,30	0,23	0,64	0,45	1,00	0,90	0,75	0,70
NUBUK 606	1	1	0,65	0,53	0,81	1	0,95	0,95	0,18	0,30	0,34	0,64	0,97	1,08	0,60	0,72

Для анализа полученных результатов использован способ Харингтона, согласно которому значения коэффициентов по безразмерной шкале желательности распределяются следующим образом: 0,00-0,20 – «очень плохо»; 0,20-0,37 – «плохо»; 0,37-0,63 – «удовлетворительно»; 0,63-0,80 – «хорошо» и 0,80-1,00 – «очень хорошо».

Таким образом, из исследуемых ИК NUBUK 231, NUBUK-517 и NUBUK-605 удовлетворяют требованиям для формирования верха обуви внутренним способом в во всех направлениях. NUBUK 606 также удовлетворяет требованиям, хотя и по комплексному показателю не значительно уступает NUBUK 231, NUBUK-517 и NUBUK-605. ИК NUBUK 412 в поперечном направлении попадает в градацию качества «очень хорошо», но в продольном направлении значения комплексного показателя K_k находится в градации «очень плохо». Это показывает, что данную ИК лучше раскраивать поперек рулона материала. Значения отдельных коэффициентов и комплексного позволяет конструкторам и технологам обувных предприятий правильно выбрать материалы для заготовки верха обуви и реализовать выпуск продукции высокого качества.

Для обобщенной и наглядной оценки уровня качества материалов строят диаграмму сопоставления показателей качества, из которой видно, по какому показателю следует принимать управленческие и технические решения. Из циклограмм («паутина качества») видно, какая площадь занимаемых пятигранников меньше (рисунок 1 и 2). Это свидетельствует о том, что уровень качество и, следовательно, качество изделия по совокупности свойств уступает уровню «идеального» материала для заготовок верха обуви внутреннего способа формирования [3].

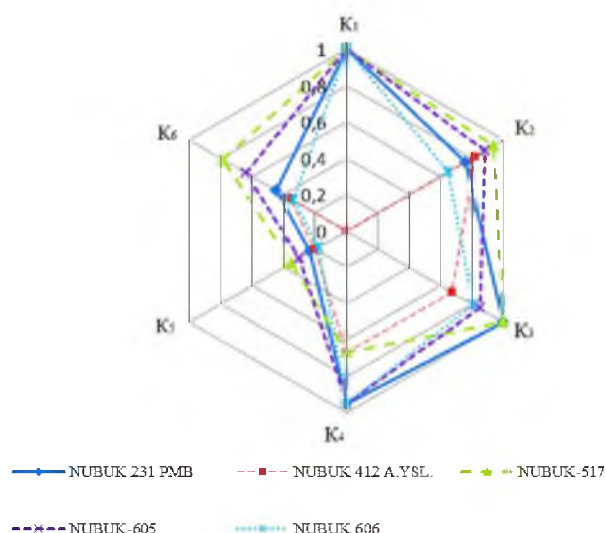


Рис 1 – Циклограмма значения оценок коэффициентов (вдоль)

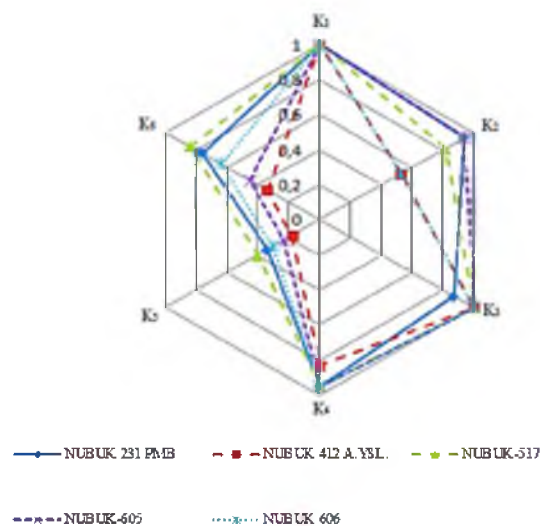


Рис 2 – Циклограмма значения оценок коэффициентов (поперек)

Однако представленные выше критерии достаточно сложно определять на предприятии, поэтому предлагается определить относительное остаточное удлинение и коэффициент запаса прочности (формула 2).

При формировании заготовки верха надо иметь запас прочность, поэтому удлинение материала должно быть в 1,5-2 раза больше, чем требуется для ее посадки на колодку. Величина запаса прочности материала зависит также от конструкции заготовки. Данный критерий позволяет дать характери-

стику материала, т.е. способен ли он выдерживать нагрузки, которые прикладываются к нему в процессе формования. Поэтому за минимальное значение деформации материала берем 22,5% для производства обуви внутренним способом формования (это значение в 1,5 раза больше чем максимально возможные нагрузки, возникающие в процессе формования данным способом) и 45 % - при обтяжно-затяжном способе.

$$K_1 \geq 1,5 \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

где ε – относительное удлинение, мм.

Критерий запаса прочности позволит нам на стадии подготовки производства правильно оценить возможность использования того или иного материала, а знание относительного остаточного удлинения позволит оценить пластичность материалов.

Предложенные критерии позволяют оценить только формоустойчивость статическую – при производстве обуви. Для прогнозирования способности материалов сопротивляться воздействиям при носке (формоустойчивость динамическую) с помощью методики, разработанной нами и изложенной в работе [4].

Сущность методики заключается во вращении изогнутого под углом образца и наблюдением видимых появлений дефектов поверхности исследуемого материала. Для проведения экспресс-методики оценки свойств материалов на многоцикловое нагружение разработан прибор, на который получен патент на полезную модель № 9136 [5]. Для проведения испытаний отбирают элементарные пробы. За партию принимается количество изделий или полуфабриката одного наименования и методов изготовления, оформленное одним документом. Поверхность проб не должна иметь надрывов, царапин, вздутий, шероховатостей, повреждений и других дефектов, видимых визуально. Объектами исследования были взяты ИК NUBUK (таблица 3).

Испытание на изгиб проводят в течение заданного числа циклов или до видимого повреждения поверхности материала или разрушения образца. Включают прибор и выключают его через установленное число циклов или, если требуется определить момент повреждения или разрушения образца, останавливают прибор через определенные интервалы времени для его осмотра.

Заканчивают испытания либо по завершении заданного числа циклов, либо при первом осмотре, при котором на образцах появились признаки дефектов или разрушения. При необходимости записывают общее число изгибов, которым подверглись образцы, и оценивают повреждение их поверхности.

Оценку повреждений поверхности образцов производят с помощью луп типа ЛП1–2,5[×], ЛП1–4[×], соответствующих ГОСТ 25706–83 «Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования» или других с увеличением 10.

Результатом испытаний явилась оценка ПК в баллах по степени проявления дефектов (трещин) на их поверхности. Испытанные образцы классифицируют по следующей бальной шкале, устанавливающей четыре степени повреждения:

4 балла – отсутствие трещин;

3 балла – мелкая сетка;

2 балла – мелкие трещины без разрушения поверхности кожи и испытания покрытия;

1 балл – явно выраженная трещина с разрушением поверхности кожи или осыпанием покрытия.

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов испытаний всех образцов кожи, округленное до 1 балла.

Испытания проводились при скорости вращения образца 1340 оборотов в минуту и длились 60 минут для каждого из образцов, что соответствует примерно 80000 циклам изгиба. Количество циклов было выбрано из тех соображений, что в течение 14 суток обувь приформовывается к стопе, т.е. образуются устойчивые складки на поверхности кожи в средней части союзки обуви. Человек в среднем совершает 5000-6000 шагов в сутки, что за 14 суток составит 70000-84000 циклов изгиба средней части союзки обуви.

Результатом испытаний являлось оценка ИК в баллах по степени проявления дефектов (трещин) на их поверхности. По результатам работы можно сделать выводы, что наилучшими показателями стойкости к многократному изгибу обладают ИК NUBUK -517 и NUBUK 606 в продольном направлении. А в поперечном направлении данные кожи не выдерживают заданную нагрузку. ИК NUBUK 231 и NUBUK 412 в поперечном направлении могут применяться в производстве обуви, однако у них при заданной нагрузке появляются незначительные дефекты. Нежелательно применение ИК NUBUK 605 в производстве обуви из-за появления явно выраженных трещин.

Обобщая полученные результаты по исследованиям, можно сделать вывод, что наилучшими формовочными свойствами обладают NUBUK 231 и NUBUK 517. Не смотря на высокий уровень значе-

ния комплексного показателя K_K у ИК NUBUK 605, её нежелательно применять в производстве обуви из-за низкой способности к многократному изгибу. Применение данной ИК снижает качество производимой обуви и удовлетворенность потребителей, что негативно сказывается на имидже отечественных предприятий. ИК NUBUK 412 и NUBUK 606 можно использовать в изготовлении обуви только в том случае, если раскрой деталей заготовки будет осуществляться поперек рулона материала для NUBUK 412 и вдоль рулона для NUBUK 606.

Весомым преимуществом разработанной экспресс-методики является тот факт, что она позволит ускорить испытания на устойчивость к многократному изгибу ИК примерно в 10 раз по сравнению со стандартными методами. Также экспресс-методика позволит провести оценку эксплуатационных свойств материалов для верха обуви при нагружении их количеством циклов, соответствующим гарантийному сроку носки и более, за сравнительно небольшой промежуток времени.

Предложенные методики оценки статической и динамической формоустойчивости позволяют адекватно оценить качество искусственных кож поступающих на предприятия и повысить качество и конкурентоспособность отечественной продукции. Проведение подобного рода работ особенно актуально в связи с расширением товарооборота в рамках Таможенного союза и предстоящим вступлением Республики Беларусь в ВТО. Выполнение работ, связанных с оценкой качества обуви, позволит повысить уровень конкурентоспособности изделий отечественного производства и обеспечить более полное удовлетворение покупательского спроса.

Литература

1. *Борозна, В.Д.* Оценка свойств искусственных кож NUBUK / В.Д. Борозна, А.П. Дмитриев, А.Н. Буркин // Журнал Потребительская кооперация №2 (45) / – Гомель.- 2014. – С. 62-67
2. *Борозна, В.Д.* Комплексная оценка качества искусственных кож NUBUK / В.Д. Борозна, А.Н. Буркин // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг: междунар. сб. науч. трудов / редкол. : В.Т. Прохоров [и др.] ; Ин-т сферы обслуж. и предпринимательства (филиал) федер. гос. бюджет. образоват. учреждения высш. проф. образования «Донской гос. техн. ун-т» в г. Шахты Рост. обл. (ИСОиП (филиал) ДГТУ). – Шахты : ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2014. – С. 27-30
3. *Кириллов, В.И.* Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие / В.И. Кириллов. – Минск : Новое знание, 2011. – 440 с.
4. *Кукушкина, Ю.М.* Методика оценки свойств материалов на многоцикловое нагружение / Ю.М. Кукушкина, В.Д. Борозна, В.А. Окуневич // Журнал «Стандартизация» №5 (2013)- Минск.- 2013.- С. 62-63
5. Прибор для испытания подошвенных материалов на многократный изгиб: пат. 9136 Республики Беларусь С 14В 99/00, G 01N 3/56 / (BY). / А.Н. Буркин, Е.А. Егорова, К.Г. Коновалов, А.В. Попов, В.Д. Борозна, В.А. Окуневич, М.И. Долган; заявитель и патентообладатель Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет». - № u20120577; заявл. 01.06.2012; опуб. 30.04.2013 // Афишны Бюлетэнь Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2013. - № 2 (91). С. 201-202.

© БНТУ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСТВОРЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Е.В. БУТЬКО, М.Ю. БУГЛАК, Ю.П. ЛЕДЯН

This paper is about a new method of intensification of the dissolution process of poorly soluble macromolecular substances. In particular new highly efficient impellers with different design of the blades were developed and constructed. The dissolution process is improved in order to reduce its power consumption. intensification of the dissolution process and increase the effectiveness of the creating solutes

Ключевые слова: растворение, осаждение

Снижение энергозатрат, связанных с осуществлением различных технологических процессов, является в настоящее время одним из актуальнейших направлений развития современных технологий. Одним из направлений этого процесса является использование гидродинамически активных материалов (ГАМ), снижающих потери на трение при течении водных растворов в трубах, а также при обтекании твердых тел (например, корпуса судна) жидкостью.

Одним из наиболее широко применяемых в наше время флокулянтов является полиакриламид.

Проведенные исследования показали, что выполнение поперечных вырезов на лопастях способствует повышению частоты пульсаций давлений и интенсифицируют процесс растворения, тем самым снижая энергозатраты.

Осуществлена разработка основных технических решений и проведены исследования в области оптимизации процесса растворения высокомолекулярных полимеров, применяемых как в качестве гидродинамически активных материалов, так и флокулянтов. Были разработаны и изготовлены новые высокоэффективные импеллеры с различной конструкцией лопастей, существенно интенсифици-

рующие процесс растворения. Конструкция импеллеров позволяет создать пульсации скоростей и давлений при постоянной частоте вращения вала мешалки.

Исследование импеллеров позволило установить, что решающее значение в повышении скорости растворения гидродинамически активных веществ и флокулянтов играет конструкция лопастей импеллера мешалки, которая влияет на степень турбулизации потока при перемешивании.

По результатам проведенных исследований разработан новый способ интенсификации процесса растворения труднорастворимых высокомолекулярных веществ. Отработана конструкция лопастей импеллеров повышенной эффективности, создающих при перемешивании дополнительные высокочастотные пульсации давления, способствующие увеличению скорости растворения и повышению качества готового раствора.

Анализ полученных данных показал, что использование импеллеров с перфорациями также позволит повысить скорость растворения флокулянтов при одинаковой длительности перемешивания.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения данных конструкций импеллеров для сокращения длительности перемешивания при приготовлении растворов высокомолекулярных полимеров, а, следовательно, и сокращении затрат электроэнергии на производстве при проведении данной технологической операции.

Интенсификация процесса растворения флокулянта приводит к снижению энергозатрат и повышению производительности технологического оборудования. Установлено также, что за счет подачи качественного раствора гидродинамически активных веществ на корпус судна, резко снижается гидравлическое сопротивление, в результате чего уменьшаются затраты энергии на его передвижение.

©ГИИ МЧС

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ СУШКИ МОЛОКА ПО ОБЪЕКТУ «МОДЕРНИЗАЦИЯ СУШИЛКИ МОЛОКА RS-1000 С УСТАНОВКОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА TVA 1800-200 НА ОАО «РОГАЧЕВСКИЙ МКК»»

И.В. ВАШКЕВИЧ А.Л. БУЯКЕВИЧ, Р.С. СТАРОСТО

The analysis of the fire behavior of dust. Developed fire prevention measures

Ключевые слова: пожароопасные свойства пылей

В результате проведенного анализа пожароопасных свойств пылей установлено, что ввиду наличия двух состояний пыли (аэрозоль и аэрогель), для каждого состояния пыли определяются свои пожароопасные свойства. При этом отмечается расхождение в перечне пожароопасных свойств. Согласно [1] введен параметр «температура самонагрева», который не предусмотрен в [2] и в котором отсутствует методика его определения. Также установлено, что [2] не рассматривает методы определения на негорючесть и классификацию групп горючести горючих пылей.

В результате анализа методики определения категории по взрывопожарной опасности установлено, что не учитывается высота распыления (выхода продукта).

Произведен расчет категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещения сушки молока с учетом высоты выхода продукта [3]. В соответствии с проведенным расчетом помещение относится к пожароопасной категории ВЗ.

Разработана методика определения пыленакопления.

Экспериментально установлена теплота сгорания: сухого молока 0% - 17,4 МДж/кг и 26% - 22,5 МДж/кг; сухой сыворотки – 16,1 МДж/кг.

В ходе анализа пожарной опасности помещения отделения сушки молока были разработаны схемы событий (древо событий) для двух вариантов возникновения взрыва (пожара) в техническом оборудовании и в объеме помещения.

Согласно разработанным схемам событий была установлена вероятность возникновения пожара (взрыва) в год:

- в технологическом оборудовании в помещении отделения сушки – $4,3 \cdot 10^{-7}$;
- помещение отделения сушки – $1,1 \cdot 10^{-8}$.

Ввиду того, что установленная вероятность пожара (взрыва) не превышает 10^{-6} , то данные помещения удовлетворяют требованиям взрывобезопасности [4].

Разработка противопожарных мероприятий в соответствии с определенными категориями по взрывопожарной и пожарной опасности позволит не только обеспечить соответствующую противопожарную защиту, а также приведет к снижению экономических затрат на решение вопросов обеспечения противопожарной защиты объекта.

Литература

1. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования : ГОСТ 12.1.041-83. – Переизд. с изм. №2. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 14 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044-89. – Переизд. с изм. №1. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2006. – 99 с.
3. Пушенко, С.Л. Оценка взрывопожароопасности производств, связанных с выделением горючих пылей: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / С.Л. Пушенко. – Москва, 1982. – 199 л.
4. Взрывобезопасность. Общие требования [Текст] : ГОСТ 12.1.010-76* (СТ СЭВ 3517-81). – Введ. 01-01-78. – М. : Госстрой СССР, 1976. – 7 с. – (Система стандартов безопасности труда).

©БНТУ

ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ И ВИДЫ КОЛЕБАНИЙ ПЛАВНОСТИ ХОДА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ю.В. ВАЩЁНОК, М.А. МИШЕНСКИЙ, Ю.А. ГУРВИЧ

In this article defined the criteria for evaluation of nonlinear oscillations of individual nodes vehicles

Ключевые слова: оценочный показатель, колебания

При исследовании влияний на человека колебаний выявляют три вида вибраций: общую, локальную и фоновую. Частота собственных колебаний кузова служит наиболее простым оценочным критерием плавности хода автомобиля. Экспериментально установлено, что условием хорошей плавности хода является совпадение собственных частот колебаний автомобиля со средней частотой шагов (60...90 в мин.) человека, что соответствует колебаниям с частотой 1... 1,5 Гц.

Главными оценочными показателями плавности хода автомобиля являются уровни виброн нагруженности водителя, пассажиров, грузов и характерных элементов шасси и кузова. Оценка уровня виброн нагруженности производится по среднеквадратическим значениям ускорений колебаний (виброускорений) или скоростей колебаний (виброскоростей) в вертикальном и горизонтальном направлениях. Оценка ощущений колебаний человеком в международном стандарте вычисляется по среднеквадратическим ускорениям с учетом продолжительности воздействия колебаний. Колебания рассматриваются в диапазоне частот 1...80 Гц, который разбит на октавные полосы. В санитарных правилах и нормах ощущения человека при колебаниях оцениваются по среднеквадратической величине ускорений колебаний, измеряемые в октавных полосах частот или их логарифмические уровни. Организм человека наиболее чувствителен к вертикальным колебаниям с частотой 4...8 Гц. Однако снижение жесткости передней подвески неблагоприятно влияет на перемещение неподрессоренных масс в области высокочастотного резонанса, что может ухудшить устойчивость движения автобуса и его управляемость.

Таким образом, при короткой неровности равной 0,5 м автобус будет находиться в диапазоне частот возмущения 1...17 Гц 2,83 с, при движении по длинной неровности равной 2 м он будет находиться в неблагоприятном диапазоне частот возмущений 5,1 с, что вполне приемлемо для водителя. Следовательно, время воздействия колебаний при резонансных частотах возмущения весьма кратковременно и не может сказаться на утомляемости водителя при 8 часовом рабочем дне и, тем более, при движении автобуса по маршруту в течение 1 часа.

©ПГУ

БИО-ТЕК И ПРИНЦИПЫ «ЗЕЛЕНОГО» СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.Ю. ГАЛАЙ, К.В. ЗАБОРСКАЯ, Е.Ю. ОРЛОВСКАЯ

Bionic architecture (or Bio-Tech) is a movement for the design and construction of expressive buildings whose layout and lines borrow from natural (i.e. biological) forms. The movement began to mature in the early 21st century, and thus in early designs research was stressed over practicality. One of the tasks set themselves by the movement's early pioneers was the development of aesthetic and economic justifications for their approach to architecture.

Ключевые слова: Био-тек, зеленое строительство, экологическое строительство.

Био-тек - это новейшее направление в архитектуре. Последователи этого стиля стремятся воплотить в необычном дизайне принципы «зеленого» строительства.

Выполненные в стиле био-тек конструкции обладают предельной выразительностью. Строения очень оригинальны, благодаря чему становятся известными достопримечательностями [1].

Здания в стиле био-тек часто несимметричны, имеют форму коконов, деревьев, паучьей сети — всего того, что встречается в живой природе. Можно встретить дома, похожие на раковины моллюсков, или постройки, повторяющие контуры яйца. При этом природные формы могут заимствоваться по-разному:

- в виде форм, наблюдаемых в неживой природе (дом в виде яйца, спроектированный бельгийской архитектурной студией dmvA);

- в виде форм, повторяющих животных, людей или их частей тела, а также растения (гостиница в виде медузы, которую спроектировал Майкл Соркин);
- в виде материалов, подобных природным структурам (пчелиные соты, пузыри, волокна, паутина, слоистые конструкции) [2].

Одно из обязательных условий – полная экологическая чистота материалов. Нередко здания оснащают солнечными батареями, а осадки собираются с помощью специальных коллекторов. Особую атмосферу создает система естественного освещения, то же самое относится к вентиляции. Естественность среде придают террасы с высаженными растениями.

Принципы «зеленого» строительства – это продуманное и экономное отношение к природным ресурсам и забота о здоровье и комфорте человека. В них входят:

- альтернативные экологические источники энергии (солнечные батареи, ветряные и гидротурбины);
- водосберегающие технологии (установка экономных санитарных приборов и повторное использование очищенной воды);
- использование условий климатологии (размещение окон с южной стороны здания добавляет до 30-40% тепла в помещении, расположение с учетом светотени позволяет увеличить количество часов с естественным освещением и проветриванием помещений);
- применение нетоксичных строительных материалов.

Развитием и внедрением «зеленых» стандартов занимаются советы по Зелёному строительству, специально создаваемые некоммерческие организации[3].

Координация деятельности советов и других экологически ориентированных строительных и управляющих компаний осуществляется Международным Советом по зелёным зданиям WorldGreenBuildingCouncil (WorldGBC).

Литература

1. Знаю Всё [Электронный ресурс] / Архитектура Био-Тек – Режим доступа: <http://znayuvse.ru> – Дата доступа: 15.09.2014.
2. Новиков Дмитрий архитектор и художник [Электронный ресурс] / Био-Тек в архитектуре – Режим доступа: <http://novikov-architect.ru> – Дата доступа: 15.09.2014.
3. TheVillage [Электронный ресурс] / «Зеленое» строительство: экологичный дом как часть образа жизни: Режим доступа: <http://www.the-village.ru> – Дата доступа: 16.09.2014.

©ВГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИГУР И КОНСТРУКЦИЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЮНОШЕЙ МОЛОДЕЖНОЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ

И.С. ГАПОНОВА, Н.Х. НАУРЗБАЕВА

Research work is devoted research of the dimensional characteristic of figures and working out of rational designs of business clothes for young men of youth age group

Ключевые слова: одежда, размерная характеристика, базовая конструкция

В ассортименте выпуска швейных изделий большое внимание уделяется производству молодежной деловой одежды для подростков-учеников старших классов школ и студентов вузов и ссузов. Эта одежда должна создаваться с учетом высокого уровня дизайна и комфорта, влияния процесса акселерации и размерноростовой изменчивости.

Целью данной работы является исследование и анализ размерной характеристики фигур и конструкций одежды молодежной группы потребителей 17-20 лет (юношей-подростков и мужчин младшей возрастной группы), возможности объединения этих возрастных групп для производства качественной, соразмерной одежды.

Актуальность данной проблемы обусловлена введением в странах Евразийского экономического сообщества новой размерной типологии населения, разработанной ОАО «ЦНИИШП» (РФ), и базирующихся на их данных новых методик конструирования одежды.

Для проведения сравнительного анализа проведены дополнительные обмеры юношей данных возрастных групп в Республике Беларусь и подтверждена возможность использования предлагаемой размерной типологии для производства одежды.

В качестве базовых выбраны типовые фигуры с наибольшей частотой встречаемости, со схожими ведущими размерными признаками II полнотной группы (176-92-78 – подростки; 176-92-76 – мужчины младшей возрастной группы).

Для проектирования и дальнейшего конструктивного анализа выбран пиджак из полушерстяной ткани.

В результате анализа размерной характеристики отмечены незначительные отличия значений размерных признаков исследуемых фигур по показателям осанки и пропорций фигур, все остальные показатели находятся в пределах интервалов изменчивости, что позволяет сделать вывод о возможности создания дополнительной объединенной классификации типовых фигур юношей молодежной группы для проектирования современной соразмерной одежды.

Результаты анализа параметров базовых конструкций одежды для данных возрастных групп подтвердили возможность разработки единых унифицированных базовых конструкций для проектирования новых моделей одежды.

С учетом полученных результатов разработаны и изготовлены образцы моделей молодежных деловых костюмов на ОАО «Коминтерн», г. Гомель, и УО «ВГТУ», г. Витебск, апробация которых на фигурах юношей показала высокое статическое и динамическое соответствие.

©ПГУ

РАСЧЕТ СТРОПОВОЧНЫХ УЗЛОВ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

А.И. ГИЛЬ, В.Д. ГРИНЁВ

Theoretical verification of strength strapping unit formless spinning plates with mounting loops at the ends of the product, choose the desired diameter of the mounting loop, loop deep embedment plate.

Ключевые слова: монтажные воздействия, безопалубочное формование, многопустотные плиты, монтажные петли, строповочный узел

В настоящее время одним из наиболее востребованных товаров на строительном рынке являются плиты перекрытия [1]. Они предназначены для перекрытия и покрытия многоэтажных жилых домов, производственных зданий, торговых центров, спортивных сооружений, коттеджей и гаражей. В настоящее время наиболее эффективна технология безопалубочного формования.

Несмотря на очевидные преимущества и высокую технологичность специальных захватов для транспортировки и монтажа плит перекрытий, в настоящее время они не нашли масштабного применения в нашей республике. В первую очередь это связано с тем, что большинство строительных организаций и трестов не имеют данных захватов, вследствие их немалой стоимости. Основным и наиболее выгодным предложением была конструкция строповочного узла с применением монтажных петель. Плиты безопалубочного формования стали снабжаться монтажными петлями, и это значительно расширило производство плит в стране. Такие операции как транспортировка и монтаж плит больше не вызывали проблем.

В 2012 году разработан и запатентован вариант устройства строповочного узла для плит безопалубочного формования с монтажными петлями на торцах изделий [2]. Конструкция представляет собой монтажную петлю с односторонними анкерами, отогнутыми в одну сторону, замоноличенные в бетонном вкладыше в пустотном канале в торце плиты.

Применение готового вкладыша с замоноличенной петлей значительно сокращает трудоёмкость при установке петель в плиты. Также важно отметить то, что устройство бетонных вкладышей производится в готовые разрезанные изделия на складе. Это, в свою очередь, не нарушает технологического процесса изготовления плит безопалубочного формования, так как при устройстве монтажных петель в свежесформованные изделия происходит потеря времени, а длительность технологического процесса получения готовой плиты перекрытия увеличивается.

Для проведения испытаний используются следующие результаты расчётов: монтажная петля $\varnothing 12$, S240 ($A_s=1,131 \text{ см}^2$); глубина заделки равна 250 мм; бетон заделки петли C25/30. Усилие от плиты передаётся на три петли, и соответственно на три строповочных узла, полная несущая способность строповочных приспособлений плиты при её подъёме согласно расчётам будет равна 110,7 кН. Данной прочности достаточно, следовательно, результаты теоретических исследований можно использовать при натурных испытаниях плит безопалубочного формования с монтажными петлями на торцах изделий.

Проведя исследования и анализ эффективности предлагаемого конструктивного решения можно сделать вывод о том, что его внедрение в строительную практику будет как технически, так и экономически выгодным. С технической точки зрения установка монтажных петель в торцы плит не будет препятствовать технологическому процессу формования плит, т.к. установка петель будет производиться в готовые изделия на складе.

Литература

1. Типы плит перекрытия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stonewav.ru/vidipk.html/> - Дата доступа: 12.09.2012
2. Патент Республики Беларусь №8828. Многопустотная железобетонная плита / Гринев В.Д., Гиль А.И. // Заявл. 14.03.2012., Бюл. 3с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СПАРЕННОГО ПЛАНЕТАРНО-ДИСКОВОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

М.С. ГОРНОСТАЙ, М.Т. АЛТЫЕВ, Г.А. БАСАЛАЙ, В.В. КУДИН

An influence of tackle block design parameters and wind load on transverse stability of a walking spreader has been analyzed in the paper. The paper presents a new developed scheme of a balanced one-side tackle block. It has been established that a bracket design and its spatial location in relation to a support surface significantly influences on a wind load value

Ключевые слова: проходческий комбайн, планетарно-дисковый исполнительный орган

Объект исследования – проходческо-очистной комбайн.

Целью работы является повышение надёжности привода планетарно-дискового исполнительного органа, увеличение производительности проходческо-очистного комбайна, а также снижение энергозатрат при подземной разработке калийных месторождений.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Проведен комплекс исследований по анализу режимов работы планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна в условиях рудников ОАО «Беларуськалий», выполнены: анализ фракционного состава руды, моделирование движения зубков планетарно-дискового ИО, анализ формы стружки.

2. Модернизация исполнительного органа для снижения удельных затрат энергии на фрезерование горной породы и увеличение производительности комбайна, а также повышения эффективности фрезерования горной породы при проходке подземных выработок.

Научная работа выполнена на кафедре «Горные машины» БНТУ по программе исследований научно-творческого студенческого бюро «Горняк». Особенности использования проходческих комбайнов в производственных условиях изучены авторами во время производственных практик в ОАО «Беларуськалий».

Проведение подземных горных выработок с помощью комбайнов является наиболее прогрессивным способом, так как при этом обеспечивается высокая скорость проходки и максимальная механизация работ при значительном упрощении организации и повышении безопасности труда рабочих.

На рудниках ОАО «Беларуськалий» в настоящее время в подавляющем большинстве по объёму добываемой руды применяют столбовые системы разработки с длинными очистными забоями. При отработке краевых зон применяются камерные и комбинированные системы.

Проходческие комбайны используются в составе проходческих комплексов как при проходке вспомогательных штреков при подготовке шахтных полей для очистных комплексов, так и для добычи полезного ископаемого камерным способом. В технологических процессах широко применяются проходческие комбайны с основным исполнительным органом в виде соосных роторов (ПК-8МА, ПКС-8М и КРП-3), а также проходческо-очистные комбайны с планетарно-дисковым ИО: «Урал-10А» и «Урал-61» (производитель - Копейский машиностроительный завод, Россия), а также КПО-10,5 производитель - Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством, Беларусь).

В соответствии с утвержденным Проектом на разработку Гарлыкского месторождения калийных солей, расположенного в Республике Туркменистан, основным способом добычи руды предусмотрен камерный. Поэтому на проходческие комплексы возлагается наиболее масштабная технологическая функция по обеспечению обогатительных фабрик рудой. В качестве основного технологического оборудования рудников заложены проходческо-очистные комбайны со сдвоенным планетарно-дисковым исполнительным органом, проходческие комбайны с соосными роторами, а также шахтные самоходные вагоны.

Проходческо-очистной комбайн «Урал-10А» или КПО-10,5 состоит из сдвоенного исполнительного органа планетарного типа, разрушающего забой двумя парами резцовых дисков, верхнего отбойного устройства, оформляющего кровлю выработки, и бермового органа с боковыми фрезами и шнеками, служащими для выравнивания почвы и подрезки углов выработки, а также гусеничного хода, осуществляющего перемещение комбайна на рабочих и маневровых режимах. Для подбора отбитой руды и передачи ее в транспортные средства, то есть бункер-перегрузатель или самоходный вагон, служат: шнек, боковые фрезы и конвейер, выполненный в виде рамы комбайна, внутри которого размещена скребковая цепь.

Поперечное сечение горной выработки проходческо-очистного комбайна имеет арочную форму с прямым участком в середине. Параметры выработки: по высоте от 2,3 до 2,6 м, а по ширине соответственно 3,8 - 4,1 м. Форма забоя – пространственная, то есть тороидальная – образуемая основными

режущими дисками по основному контуру, а также овальные зоны, образуемые верхним отбойным органом по кровле и нижними оформляющими фрезами по почве выработки.

На первом этапе авторами проведен комплекс исследований по анализу режимов работы планетарно-дискового исполнительного органа проходческо-очистного комбайна в условиях отработки второго горизонта на Первом руднике. При этом выполнены лабораторные исследования фракционного состава руды, моделирование движения зубков планетарно-дискового ПО, а также анализ формы стружки.

Результаты лабораторного исследования фракционного состава руды, образуемой на четырех режимах подачи комбайна на забой, можно разделить на три группы:

- массовая доля крупной фракции с размером руды от 5 до 40 мм составляет 63 %;
- средняя группа – мелкая с частицами от 0,5 до 5 мм с содержанием до 28,2 % образуется с дополнительным расходом энергии;
- пылевидная составляющая (8,2 %) менее 0,5 мм негативно влияет на работу систем и механизмов комбайна, а также создает большую нагрузку на работу пылеосадительной системы.

Таким образом, перспективным направлением снижения доли пылевидной и мелкой фракций в руде при работе проходческого комбайна является повышение эффективности фрезерования массива планетарно-дисковым исполнительным органом.

Одним из основных рабочих механизмов комбайна являются две пары резцовых дисков на левом и правом исполнительных органах. Резцы дисков совершают сложное движение, складывающееся из относительного (вращение резцового диска относительно своей оси) и переносного (вращение дисков относительно оси редуктора исполнительного органа) движений. Раздаточные редукторы в рабочем положении взаимно развернуты на 90°, а их вращение синхронизировано приводом переносного вращения. Синхронизация переносного вращения обеих пар резцовых дисков осуществляется за счет жесткой кинематической связи через общий привод переносного вращения.

Эффективность их работы в значительной степени зависит от оптимальных режимов их эксплуатации.

Оптимизация режимов работы резцов в зависимости от конкретных горно-геологических и горно-технических условий сопряжена со сложностью кинематических расчетов и правильностью выбора параметров траекторий движения инструмента.

Одной из важных особенностей планетарных исполнительных органов с перпендикулярными осями является непостоянство толщины стружки, срезаемой одним резцом. При различных значениях угловых скоростей фрез и ротора, шага расстановки резцов, скорости подачи комбайна толщина стружки, срезаемой одним резцом, может существенно изменяться за один оборот. Для изучения данного вопроса авторами разработана модель и обоснованы расчетные зависимости для описания траекторий режущих элементов планетарного ИО с перпендикулярными осями.

В ходе анализа получена модель планетарного исполнительного органа и уравнения движения резцов. Разработан алгоритм расчета и построены траектории резцов при фрезеровании горной породы. Составлена программа, позволяющая изображать в динамике данные траектории. В качестве исходных параметров выбраны радиусы по линиям реза инструмента и водила, а также отношение угловых скоростей рукояти и дисковых фрез. Моделирование траектории движения резцов позволяет рассчитать толщину среза горной породы одним резцом во время его движения вдоль забоя. В зависимости от конкретных горно-геологических и горно-технических условий, можно подобрать оптимальные параметры и траекторию движения резца планетарного исполнительного органа для надежной и эффективной его работы.

Правильным подбором угловых скоростей можно добиться такого сечения, обрабатываемого одним резцом, при котором нагрузка на резцы становится меньше за счет более рационального их нагружения. Однако независимо от соотношения угловых скоростей, у планетарных ИО, как и у цилиндрических ИО, в начале и в конце рабочего хода резцов срезается тонкий слой стружки, толщина которого нарастает до половины рабочего хода, а затем снова снижается до нулевого значения. Это является причиной повышенного пылеобразования при фрезеровании горной породы. Особенностью планетарных ИО является также то, что с началом рабочего хода резца увеличивается не только толщина срезаемого слоя, но и скорость резания, ширина обрабатываемой полосы, которые нарастают до конца рабочего хода. Это вызывает увеличение нагрузки на резцы и приводит к неэффективному расходу энергии на срезание породы в конце рабочего хода резцов.

При дальнейшем анализе важно учитывать одну из особенностей каждой из траекторий - за один оборот фрезы резец совершает рабочий и холостой ход. Результаты аналитических исследований геометрии образуемой стружки в различных зонах контакта зубков фрез с забоем показали, что в пе-

риферийной зоне, а также в зоне выходов зубков в центральную часть, образуются сектора с тонкой стружкой. Учитывая, что в центральной зоне ее длина небольшая, поэтому она не оказывает существенного влияния на эффективность работы комбайна. Наоборот, периферийная зона имеет по длине окружности порядка 4,5-5 м.

Наиболее эффективно резцы работают в плоскости, перпендикулярной плоскости забоя, проходящей через ось вращения фрезы, т.к. имеют максимальное заглубление. При изменении отношения угловых скоростей фрез и водила, изменяется и толщина стружки. На рисунке изображено сечение, имеющее форму параллелограмма с вытянутыми гранями. Это говорит о том, что резец срезает узкий слой породы.

С целью устранения образования периферийного сектора с тонкой стружкой разработана конструкция исполнительного органа с зубками, установленными на рукоятях исполнительного органа в перпендикулярной плоскости (патент Республики Беларусь от 15.03.2013 № 9284).

Технический результат достигается тем, что в планетарном исполнительном органе, каждая рукоять снабжена дополнительными резцами, установленными в резцедержателях, закрепленных на рукояти, с возможностью осуществления опережающего снятия слоя породы по контуру внешних траекторий резцов режущих дисков, при этом режущие кромки дополнительных резцов расположены в плоскости, перпендикулярной осям переносного вращения рукоятей с режущими дисками.

Положительный результат разработки в том, что зубки, установленные на рукоятях в фронтальных плоскостях, за счет переносного вращения рукояти находясь в постоянном контакте с обрабатываемым забоем снимают стружку толщиной 7 – 12 мм опережающим темпом под отношению к зубкам, закрепленным на дисках.

В этом случае форма забоя по периферии имеет ступенчатый вид, что исключает образование большого объема руды мелкой и пылевидной фракций в отбитой руде, а также существенно снижает удельные затраты энергии на фрезерование, которые имеет место при резании тонких пластов и приводят интенсивному износу твердосплавных сердечников.

К дальнейшему исследованию предложены четыре варианта компоновки зубков на рукоятях для фрезерования периферийной зоны. В них используется от двух до пяти зубков двух типов: Д6.22 и ШБМ2С, которые массово изготавливаются на литейно-механическом заводе «Универсал» (г.Солигорск) для использования на проходческих комбайнах ОАО «Беларуськалий». Оптимизацию этих схем планируется осуществить в процессе испытаний комбайна.

Режимы работы планетарного исполнительного органа:

Диаметр дисков по режущим кромкам зубков, мм	1040
Угловая скорость дисков ($n_{\phi} = 41,6$ об/мин), c^{-1}	4,71
Скорость фрезерования зубков на дисках, м/с	2,45
Толщина среза зубками на дисках, мм	5 – 25
Диаметр окружности периферийной зоны, мм	1150-1300
Угловая скорость рукоятей ($n_p = 4,83$ об/мин), c^{-1}	0,51
Скорость фрезерования зубков на рукоятях, м/с	0,66
Толщина среза зубками на рукоятях	7 – 12
Отношение угловых скоростей фрезы и рукояти	9,2
Отношение скоростей фрезерования зубков (фреза/рукоять)	3,7
Скорость подачи комбайна на забой, м/с	0,01 ÷ 0,02

Технический результат по второй разработке (положительное решение по заявке от 13.03.2014 № и20131072) достигается тем, что в приводе спаренного планетарного исполнительного органа проходческо-очистного комбайна, каждая из осей вращения раздаточных редукторов с рукоятями и режущими дисками левого и правого исполнительного органа расположена под острым углом относительно продольной оси комбайна в направлении от его продольной оси к левому и правому бортам, а распределительный редуктор переносного вращения левого и правого исполнительного органа выполнен в виде двойной конической передачи, что обеспечивает более интенсивное фрезерование режущими дисками краевых зон и существенно уменьшает площадь средней зоны забоя, обрабатываемой одновременно левым и правым исполнительным органом.

Относительное вращение четырех режущих дисков обеспечивается от двух электродвигателей мощностью по 132 кВт через планетарные передачи, внутренние валы в редукторах 4 переносного

движения, конические распределительные редукторы и редукторы, расположенные в корпусах рукоятей.

Переносное вращение рукоятей с режущими дисками левого и правого исполнительных органов происходит от электродвигателя (мощность 45 кВт) через двухступенчатую планетарную передачу, распределительную коническую передачу, левую и правую промежуточные цилиндрические передачи и на зубчатые венцы, установленные с помощью кулачковых управляемых муфт на полых валах, соединенных фланцами с корпусами распределительных редукторов.

В ходе анализа конструктивных параметров спаренного ИО проходческо-очистного комбайна КПО-10,5 составлена система уравнений и разработан алгоритм расчета траектории резцов планетарно-дискового исполнительного органа как с перпендикулярно расположенными осями вращения режущих дисков по отношению к переносным вращениям рукоятей, так и с учетом угла «развала» левого и правого исполнительных органов. По нему составлена программа, позволяющая изображать в динамике данные траектории. В качестве исходных параметров выбраны радиусы по линиям реза инструмента и водила, а также отношение угловых скоростей рукояти и режущих дисков.

Анализ траекторий показывает, что при $\beta \leq 10^\circ$ обеспечивается фрезерование забоя по всей его площади зубками основного ИО, а также фронтальными фрезами, оформляющими кровлю и формирующими почву выработки. При больших углах ($10^\circ < \beta \leq 30^\circ$) происходит отделение породы в криволинейных секторах, расположенных по вертикальной оси симметрии машины, методом «подрубки», т.е. отделение части породы от массива без сплошного ее фрезерования.

Выводы:

1. Выполнен анализ режимов фрезерования массива горной породы зубками спаренного планетарного ИО проходческо-очистного комбайна. Результаты фракционного исследования показали, что в отбитой руде доля мелкой фракции составляет 28,2 %, а пылевидной (менее 0,5 мм) – 8,2 %, что негативно влияет на работу систем и механизмов комбайна, а также создает большую нагрузку на работу пылесадительной системы.

2. Разработана модель и обоснованы расчетные зависимости для описания траекторий режущих элементов планетарного ИО с перпендикулярными осями. В результате установлено, что в периферийной кольцевой зоне происходит разрушение массива с малой толщиной полосы фрезерования.

3. Разработаны две принципиально новые схемы модернизации спаренного планетарно-дискового ИО проходческо-очистного комбайна, обеспечивающие повышение эффективности фрезерования массива горной породы.

4. Применение дополнительных резцов, закрепленных на кронштейнах, закрепленных на рукоятях с возможностью осуществления опережающего снятия слоя породы по контуру внешних траекторий резцов режущих дисков обеспечивает более эффективное фрезерование забоя по внешнему контуру выработки.

5. Расположение осей вращения раздаточных редукторов с рукоятями и режущими дисками левого и правого ИО под острым углом относительно продольной оси комбайна обеспечивает более интенсивное фрезерование режущими дисками краевых зон и существенно уменьшает площадь средней зоны забоя, обрабатываемой одновременно левым и правым исполнительным органом.

©ВГТУ

АНАЛИЗ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ШВЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Е.И. ГРИГОРКЕВИЧ, Е.Л. ЗИМИНА

Authors had been carried out the analysis of traditional kinds of furnish of garments and the analysis of technologies under savings of resources in sewing manufacture for «Svitanak», Orsha. On the basis of studying of kinds of the waste formed at factory, kinds of furnish of garments, and also, proceeding from results of the spent questioning, manufacture of stripes, as one of ways of use of a waste of sewing manufacture was offered

Ключевые слова: ресурсосбережение, текстильные отходы, изделия из отходов

На данном этапе развития легкой промышленности актуальным и перспективным является направление вторичного использования отходов швейного производства. При выполнении работы проведен анализ традиционных видов отделки швейных изделий и анализ ресурсосберегающих технологий в швейном производстве для ПТФ «Свитанак», г. Орша.

Для достижения результатов анализа ресурсосберегающих технологий в швейном производстве проводился обзор образующихся отходов на швейной фабрике.

Помимо этого исследованы способы использования отходов на ПТФ «Свитанак». Одним из таких способов является изготовление элементов отделки швейных изделий.

Так как одним из ведущих направлений отделки швейных изделий является вышивка, ПТФ «Сви-танак» активно использует этот вид отделки в своем производстве изделий.

На основании изучения видов отходов, образующихся на фабрике, видов отделки швейных изделий, а также, исходя из результатов проведенного анкетирования, предложено производство нашивок и шеврон, как один из способов использования отходов швейного производства.

Сегодня нашивки отлично зарекомендовали себя и в качестве весьма эффективного рекламного носителя, который довольно часто применяют на спецодежде и рабочей униформе и, помимо этого, как отличный вариант декора детских изделий, которые могут выглядеть интересными, веселыми и красивыми. По своим же эстетическим свойствам данные изделия ничем не уступают другим видам отделки: они красочны, оригинальны, а также с их помощью можно воплотить в жизнь любую задумку. Качественно выполненные нашивки обладают рядом полезных свойств: они весьма устойчивы к износу, не выгорают на солнце и не теряют своей первоначальной яркости, хорошо выдерживают химическую чистку и машинную стирку, поэтому изделия с использованием нашивок популярны и востребованы сегодня.

©ВГТУ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ДУБЛИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ КЛЕЕВЫМ СПОСОБОМ

Д.А. ГУБКО, Н.Н. ЯСИНСКАЯ

A technology for duplication of textile materials adhesive method. The properties of dubbed textile materials investigated

Ключевые слова: ткань, нетканое полотно, дублирование, связующая композиция, адгезия

На кафедре «Охрана труда и химия» разработана технология получения дублированных текстильных материалов клеевым способом формирования в условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей».

Исходным сырьем для производства дублированных текстильных материалов являлись термо-скрепленный нетканый материал поверхностной плотности 80 г/м² и жаккардовая ткань из полиэфирных нитей поверхностной плотности 95 г/м². В качестве связующего для формирования дуплексного полотна использовался клей этиленвинилацетат (EVA).

В результате экспериментальных исследований определено процентное содержание пластификатора в связующем (3 %), при этом достигнута прочность клеевого соединения слоев дублированных материалов 3,2 – 3,8 Н/см и жесткость - 24 Н. Установлено, что при давлении 45 - 48 кПа прочность адгезионного соединения ткани и полотна основы достигает своего максимума и составляет 3 - 3,8 Н/см. При анализе результатов исследований по определению оптимального количества наносимого клея на полотно основы текстильных настенных покрытий получен результат: оптимальное количество клея составляет 3,2 - 3,8 мг на 1 см².

Проведены экспериментальные исследования процесса сушки дублированных текстильных материалов, в результате которых установлено, что длительность процесса сушки при мощности излучения 600 Вт составляет 2 с.

Наработанные экспериментальные образцы дублированных текстильных материалов, свойства которых представлены в таблице, использовались в качестве верха обуви и текстильных настенных покрытий при оформлении интерьера жилых помещений.

Таблица – Физико-механические свойства дублированных текстильных материалов

Наименование показателя	Значение
Ширина полученного дублированного текстильного материала, см	150
Устойчивость к истиранию, число истираний, не менее, цикл	1000
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, кВ/м	2,0
Жесткость дублированного текстильного материала, Н/см, не более	3,5
Прочность сцепления между слоями, не менее, сН	24,0
Воздухопроницаемость, %	31,5
Разрывная нагрузка полосы ткани 50×200 не менее, кг/с:	
- по основе	32,7
- по утку	30,56
Удлинение полосы ткани 50×200, % (не менее), мм:	
- по основе	43,3
- по утку	72,6

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРТАЛОМ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

А.А. ГУНОСОВ, А.А. КОЗИНСКИЙ

History of the Internet and related technologies never ceases to amaze you with new solutions. Websites in the static set of HTML documents are now transforming into full-featured interactive applications. Education is one of the areas where modern Web technologies are widely used. Architecture of Web portal content management system was chosen as an object of our research. The Subject of research - methods of control automation of the Web portal of educational institution. Objective: to implement a management information system of the Web portal of educational institution. The management information system was developed on CMS Drupal. During the implementation of the Web portal contributed module «FlickrUp» for integration with the service Flickr has been created

Ключевые слова: управление контентом, интернет-сервис, защита данных

История развития сети Интернет и связанных с ней технологий не перестает удивлять пользователей новыми решениями. Веб-сайты из статического набора HTML документов в настоящее время превращаются в полнофункциональные интерактивные приложения. Все большую популярность набирают многочисленные интернет-сервисы. Причиной популярности является широкий спектр услуг и возможностей, которые могут предложить подобные программные решения пользователям. К преимуществам веб-технологий можно отнести доступность, для использования которых пользователю достаточно иметь устройство с возможностью выхода в сеть Интернет. Одной из сфер, где широко применяются современные веб-технологии является образование.

Объектом нашего исследования выбрана архитектура системы управления контентом интернет-портала. Предмет исследования – методы автоматизации управления интернет-порталом учебного заведения. Цель исследования: реализация информационной системы управления интернет-порталом учебного заведения.

В ходе исследования выполнен анализ предметной области, определен необходимый функционал информационной системы управления; проведен отбор возможных способов реализации системы управления, обозначены интернет-сервисы для размещения и управления контентом; исследована внутренняя структура и порядок функционирования системы управления контентом Drupal; произведена установка и конфигурация системы управления на облачной платформе OpenShift; разработан программный модуль для интеграции сервиса Flickr с информационной системой; произведена модификация и настройка модулей Drupal, обеспечивающих возможность публикации контента; установлены модули поисковой оптимизации, резервного копирования и защиты данных.

Элементы научной новизны: разработанный портал спроектирован по стандарту Веб 2.0. Данный стандарт предполагает учет сетевых связей и социальных потребностей пользователей, а также создание интерактивного и удобного пользовательского интерфейса.

В результате проведенного исследования реализована информационная система управления интернет-порталом учебного заведения. В систему управления интегрированы возможности сторонних интернет-сервисов, что позволило оптимизировать нагрузку на сервер, а также расширить предоставляемый функционал по управлению контентом. При реализации портала автором создан модуль «FlickrUp» для CMS Drupal, который после успешного прохождения всех проверок интернет сообществом был размещен на официальном сайте Drupal [1]. На момент написания статьи модуль, реализованный автором, использовался на 12-ти сайтах построенных на основе CSM Drupal [2].

Литература

1. FlickrUp | Drupal.org [Электронный ресурс] URL: <https://www.drupal.org/project/flickrup> (дата обращения: 14.05.2015)
2. Usage statistics for flickrup 7.x-1.0-alpha3 | Drupal.org [Электронный ресурс] URL: <https://www.drupal.org/project/usage/2401921> (дата обращения: 14.05.2015)

©ВА Республики Беларусь

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОДЕРА НА ОСНОВЕ КОДА РИДА-СОЛОМОНА

А.Г. ДАЩИНСКИЙ, А.Ф. КРИВЕЦ

The design of Reed-Solomon code for sending symbolhc information coding with CPLD Spartan 3 is described in the article

Ключевые слова: кодер, полином, код Рида-Соломона, ПЛИС, RTL-модель

Одним из путей повышения помехоустойчивости систем передачи и обработки потока данных является использование информационной избыточности – помехоустойчивого кодирования. Среди методов обеспечения помехоустойчивого кодирования можно отметить применение циклических кодов, в частности кодов Рида-Соломона [1]. Устройства, программно и аппаратно реализующие алгоритмы кодирования в этих кодах получили обобщенное название РС-кодеры. С появлением програм-

мируемых логических интегральных схем (ПЛИС) появились возможности эффективной реализации подобных устройств.

Предлагается построение схемы кодера для кодирования трехсимвольного информационного слова при условии, что для кодирования каждого символа отводится 3 бита. Кодирование осуществляется в систематической форме.

Выбирается порождающий полином четвертой степени, в котором в качестве коэффициентов применяются элементы поля Галуа. Разрабатывается структурная схема кодера на основе регистра сдвига с обратными связями. При этом каждый разряд регистра сдвига хранит один символ. Это означает, что каждый разряд регистра сдвига можно представить регистром параллельного действия на три разряда. Для хранения выдаваемого символа кодового слова также предусматривается трёхразрядный регистр параллельного действия. В схеме кодера также предусматриваются элементы коммутации в виде мультиплексоров, элементы умножения и элементы сложения по модулю два.

Для описания и синтеза отдельных функциональных узлов кодера применяется язык описания аппаратных ресурсов Verilog [2]. Осуществляется синтез RTL-модели каждого узла и их верификация. На основе полученных узлов синтезируется кодер Рида – Соломона и осуществляется проверка его работоспособности.

Электрическая схема кодера разрабатывается с использованием пакета автоматизированного синтеза LeonardoSpectrum v.2004a30, входящего в состав системы автоматизированного проектирования FPGA Advantage for HDL Design Release 8.1 компании Mentor Graphics, Inc под библиотеку проектирования Spartan-3, поставляемую фирмой Xilinx Inc. Основные характеристики схемы: максимальная тактовая частота – 160 МГц; потребляемая мощность: при температуре $t = -40^{\circ}\text{C}$ – 0,046 Вт, при $t = 25^{\circ}\text{C}$ – 0,050 Вт, при $t = 80^{\circ}\text{C}$ – 0,058 Вт.

Полученные результаты позволяют использовать данную методику на практике для построения кодирующих устройств на ПЛИС при применении различных кодов. В частности, при разработке кодеров на основе кодов Рида – Соломона структурная схема будет прежней. Различия будут в количестве функциональных узлов (регистров, умножителей, сумматоров по модулю два и т. п.) и их разрядности, а также в значениях коэффициентов.

Литература

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр; – пер. с англ. – Изд. 2-е, испр. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.: ил.
2. Поляков, А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры / А. К. Поляков. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 320 с.: ил.

©БНТУ

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

А.Г. ДЕМИДОВИЧ, Е.Н. САВКОВА

Development of normative - methodical and metrological quality control of semiconductor light sources of a new generation have been investigated

Ключевые слова: источники излучения, неопределенность измерений, светодиоды, спектральная плотность энергетической освещенности, спектральная плотность энергетической яркости, ультрафиолетовое излучение

Объектами исследования являются источники ультрафиолетового излучения (далее - УФИ), а также комплекс для измерений спектрорадиометрических характеристик источников УФИ.

В настоящее время в промышленности, приборостроении, криминалистике, косметологии, медицине и других областях широко используется УФИ. Это связано с различными положительными свойствами УФИ, а также с появлением новых видов источников, а именно долговечных ультрафиолетовых светодиодов. В последние годы области использования светодиодов существенно расширились, однако их применение оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на организм человека. В связи с этим возникает необходимость в создании методов и средств контроля характеристик источников УФИ.

В Республике Беларусь в настоящее время отсутствуют эталоны, обеспечивающие измерения и передачу размеров спектрорадиометрических величин УФИ средствам измерений по поверочной схеме, а, следовательно, отсутствует метрологическое обеспечение таких измерений. В связи с этим в научно-испытательной лаборатории лазерной техники и поляриметрии Института физики НАН Беларуси создан комплекс для измерений спектральной плотности энергетической яркости и силы излучения источников УФИ и чувствительности фотоприемников «Лямбда УФ» (далее комплекс). Комплекс предназначен для испытаний источников УФИ, производимых и используемых в Республике

Беларусь, а также войдет в систему эталонов, измерительных и калибровочных установок, являющихся основой метрологического обеспечения светодиодной техники в Республике Беларусь.

В результате выполнения работы получены следующие практические результаты:

- разработана программа и методика метрологической аттестации комплекса для измерений спектрорадиометрических характеристик источников УФИ;
- разработана методика калибровки комплекса, включающая методику оценивания неопределенности измерений спектральной плотности энергетической яркости и спектральной плотности энергетической освещенности;
- разработаны методики выполнения измерений спектральной плотности энергетической яркости и спектральной плотности энергетической освещенности источников УФИ;
- разработан план внутрилабораторного эксперимента по оценке точности метода измерений спектрорадиометрических характеристик источников УФИ. Предложены показатели повторяемости и воспроизводимости для оценки приемлемости результатов измерений и оценки точности метода;
- проведены экспериментальные исследования характеристик комплекса в рамках метрологической аттестации;
- проведены экспериментальные исследования спектральной плотности энергетической яркости и спектральной плотности энергетической освещенности источников УФ излучения, в рамках которых разработаны рекомендации по оцениванию показателей фотобиологической безопасности источников излучения.

©БНТУ

АП-КОНВЕРСИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ И СТЕКЛОКЕРАМИК, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

О.П. ДЕРНОВИЧ, Н.В. КУЛЕШОВ, К.В. ЮМАШЕВ

Spectroscopic properties of oxyfluoride glass with Yb^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+} , Ho^{3+} ions and glass-ceramic containing lead sulfide nanocrystals with erbium ions, $\text{Er}^{3+}:\text{PbF}_2$ are investigated. Under excitation of ions by means of laser diode emission (965 nm), intense green (Er^{3+} , Ho^{3+}), green-yellow ($\text{Er}^{3+}:\text{PbF}_2$) and blue (Tm^{3+}) luminescence is observed. Studied materials are promising as glass phosphors

Ключевые слова: оксифторидное стекло, ионы редкоземельных элементов, ап-конверсия

Получение новых люминофоров видимого диапазона света является актуальной задачей в настоящее время. Ап-конверсионные люминофоры широко используются как в промышленности, например, для повышения эффективности солнечных батарей [1], при производстве полупроводниковых лазерных диодов видимого диапазона [2], так и в медицине – в качестве биовизуализаторов для диагностики новообразований или фотодинамической терапии [3].

Цель работы заключается в разработке новых люминофоров для зеленой и синей областей спектра на основе оксифторидных стекол и стеклокерамик с ионами редкоземельных элементов. Оксифторидные материалы, активированные ионами редкоземельных элементов, перспективны для протекания ап-конверсионных процессов. На основе исследования спектров поглощения установлена структура энергетических уровней ионов Yb^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+} , Ho^{3+} в новых стеклах системы $\text{SiO}_2\text{--PbO--PbF}_2\text{--CdF}_2$. С учетом зарегистрированных спектров поглощения, спектров ап-конверсионной люминесценции образцов при возбуждении излучением лазерного диода с длиной волны 965 нм и зависимостей интенсивности люминесценции от мощности возбуждения установлены механизмы ап-конверсионного преобразования.

Установлено, что термическая обработка исходного оксифторидного стекла, активированного ионами эрбия, при температуре 350°С в течение 30 ч. приводит к формированию наноразмерных кристаллов фторида свинца $\text{Er}:\text{PbF}_2$, средний размер которых составляет 8,5 нм, параметр решетки – 5,81 Å. Сохраняется высокое оптическое качество стеклокристаллического материала. При этом происходит существенное изменение спектра ап-конверсионной люминесценции. Общий цвет свечения переходит из зеленого к желтоватому, интенсивность излучения возрастает примерно в десять раз и существенно перераспределяется интенсивность полос. Данные процессы объясняются тем, что ионы эрбия входят в состав нанокристаллов, повышается их локальная концентрация и, кроме того, имеют фторидное окружение с низкой энергией фононов.

Определены цветовые характеристики свечения образцов: координаты цветности согласно цветовой координатной системе CIE 1931, доминантные длины волн излучения и чистота цвета. По цветовым характеристикам люминесценции разработанные материалы не уступают коммерческим люминофорам зеленой и синей областей спектра.

Таким образом, разработанное оксифторидное стекло позволяет вводить в качестве активирующих ионы различных редкоземельных элементов с сохранением способности люминесцировать в видимой области спектра через ап-конверсионное преобразование. С помощью вторичной термообработки в исходном стекле выделяется нанокристаллическая фаза дифторида свинца, в получаемой стеклокерамике повышается эффективность ап-конверсии. Разработанные материалы перспективны для использования в качестве люминофоров для синей и зеленой областей спектра.

Литература

1. Huang, X. Enhancing solar cell efficiency: the search for luminescent materials as spectral converters / X. Huang, S. Han, W. Huang // Chem. Soc. Rev. – 2013. – № 42. – P. 173-201.
2. Sethur, A.A. Phosphors for LED-based Solid-State Lighting / A.A. Setlur // The Electrochemical Society. – 2009. – Winter. – P. 32 – 36.
3. Wang, F. Upconversion nanoparticles in biological labeling, imaging, and therapy / F.Wang, D. Banerjee, Y. Liu // The Royal Society of Chemistry. – 2010. – № 135. – P. 1839 – 1854.

©БРУ

ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯЖЕЛЫХ И ЛЕГКИХ БЕТОНОВ СРЕДНИХ КЛАССОВ

Г.А. ДИВАКОВА, М.Г. МАМОЧКИНА, С. Д. СЕМЕНЮК

The article presents the results of experimental and theoretical studies of the strength and deformation properties of concrete middle classes at short central compression. According to tests were determined block and prism strength, was found modules of longitudinal and transverse deformations, and the limits of concrete microcracking formation

Ключевые слова: модуль упругости, продольные и поперечные деформации, коэффициент Пуассона, линейная корреляция

Надежность и долговечность строительных конструкций сооружений обеспечивается в том случае, когда поперечные сечения обладают достаточной прочностью, устойчивостью, трещиностойкостью, а также обеспечивают развитие деформаций не более чем в допустимых пределах.

При прогнозировании работы железобетонных и керамзитобетонных конструкций зданий и сооружений, работающих в условиях как элементарного (изгиб, сжатие), так и сложного деформирования (кручение с изгибом и поперечной силой, косое внецентренное сжатие), необходимо учитывать упругопластические характеристики бетона, такие как модуль продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, верхний и нижний пределы микротрещинообразования бетона.

С этой целью проведены экспериментальные исследования образцов из лёгкого и тяжёлого бетона средних классов в виде кубов, цилиндров и призм на кратковременное центральное сжатие в соответствии с требованиями [1] и [2].

При испытании продольные деформации измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01мм на базе 370...375мм, установленными вдоль оси по четырем граням призм. Поперечные деформации измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,001мм на базе 110..115мм. Продольные и поперечные деформации по каждой отдельной призме (по показаниям четырех приборов механического действия) усреднялись.

При нагружении бетонного образца длительным напряжением, меньшим либо равным нижней границе микротрещинообразования, в бетоне не возникает микроразрушения. При действии напряжений в пределах границ нижнего и верхнего микротрещинообразований в бетоне возникают микроразрушения, но их количество не приводит к разрушению материала. Если длительное напряжение больше верхней границы микротрещинообразования, в бетоне происходит накопление и развитие микроразрушений вплоть до его полного разрушения. Поэтому за предел прочности при длительном сжатии принимают напряжение несколько ниже верхней границы микротрещинообразования.

Верхний предел микротрещинообразования f_{crc}^V (т. н. «критическая» граница, при достижении которой наблюдается активный прирост пластических деформаций) находился графическим методом по усреднённым экспериментальным данным для двух призм. Определение нижнего предела микротрещинообразования f_{crc}^0 также производилось графическим методом по экспериментальным данным.

Анализ данных экспериментальных исследований позволит исследовать прочностные и деформативные характеристики тяжёлого и легкого бетонов, такие как кубиковая и призменная прочности, модули продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, объёмные деформации, коэффициент Пуассона, пределы верхнего и нижнего микротрещинообразования.

Литература

1. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. – Госкомитет СССР по делам строительства. – М., 1981– 20с.
2. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 1989. –32с.

©БНТУ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.С. ДРАГУН, Н.И. БЕРЕЗОВСКИЙ

The dependence of the strength of gravel and sand agloporitovyh density obtained. A mathematical model that relates a bulk density agloporite fraction of its size designed. The raw material composition of the mixture to obtain a porous ceramic products using milled peat and sawdust determined. Analysis of the technological equipment used in the "Minsk plant of building materials", allowing to define the specific energy consumption in the production process carried out

Ключевые слова: местные виды топлива, отходы деревообрабатывающей промышленности, пористые теплоизоляционные строительные материалы, поризованные керамические изделия

Объект исследования – строительные и органогенные материалы; заводы, производящие брикеты из местных видов топлива; пористые строительные материалы; продукты отходов деревообрабатывающей топливной и гидролизной промышленности Республики Беларусь, а также вскрышные породы при добыче нерудных строительных материалов (НСМ).

Цель – определение степени влияния основных свойств торфа и топливных брикетов на технологические и физико-механические параметры получения пористых искусственных заполнителей (щебень и песок аглопоритовые) и энергоэффективных стеновых строительных изделий (кирпич и камень керамический).

В настоящее время в Республике Беларусь решаются важные задачи по использованию в промышленности местных видов топлива (МВТ) и вторичных энергоресурсов (ВТЭР). Для достижения поставленных целей следует развивать производства, имеющие высокую долю местных ресурсов, а также более глубокую их переработку. Это производство строительных материалов изделий, деревообработка, химическая и биотехнологическая отрасли и др.

В технологии получения некоторых строительных материалов и изделий (кирпич керамический, аглопорит) используются дорогостоящие компоненты сырьевой смеси (уголь, антрацит, древесные опилки). Проведенные предварительные исследования показали возможность применения некоторых видов фрезерного торфа, а также дробленых в валковых дробилках топливных брикетов с размером частиц до 5 мм. В дальнейшем эта технология позволяет уменьшить себестоимость продукции, а также энергозатраты при производстве 1 т товарной продукции. В результате выполнения научно-исследовательской работы решается актуальная задача разработки энергосберегающей и экологически безопасной технологии получения ПСМ с использованием МВТ, ВТЭР и отходов промышленности (вскрышные породы, недожог сырьевой смеси и др.).

Определен состав сырьевой смеси для производства аглопоритового песка и щебня, физико-механические свойства фрезерного торфа, химический состав суглинков, а также качественные показатели готовой продукции по зерновому составу и прочности, позволяющие уменьшить до 10% энергозатрат, при производстве аглопорита. При этом установлено, что физико-механические показатели щебня и песка аглопоритовых, полученные с вводом фрезерного торфа соответствуют нормативным требованиям (СТБ 1217-2000).

Установлено, что замена бурого угля и опилок на фрезерный торф и дробленые брикеты торфа возможна. При этом необходимо продолжить изучение влияния использования торфа в технологии на состояние охраны окружающей среды, так как на участке массоподготовки при работе оборудования отмечалось некоторое пылеобразование.

Определён сырьевой состав смеси для получения керамического кирпича с применением фрезерного торфа и древесных опилок, позволяющий на 8-10% уменьшить энергозатраты на его производство. Проведенные опыты в целом позволяют уменьшить себестоимость продукции за счёт разницы цены 1 тонны фрезерного торфа (7-8 у.е.), древесных опилок (25-30 у.е.) и антрацита (250-300 у.е.), с учётом транспортных расходов при соблюдении физико-механических показателей аглопорита и керамического кирпича по прочности, плотности и водопоглощению.

ОГНЕСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОПЛАСТИКА**А.С. ДРОБЫШ, В.А. КУДРЯШОВ**

Due to the small amount of information on the fire resistance of polyester plastics, had conducted a comprehensive study of their flammability, heat resistance, durability and fire resistance, based on the research developed an experimental model of composite structure, provides the required fire resistance of composite materials for use as structural building elements.

Ключевые слова: стеклопластик; композитные материалы; горючесть; огнестойкость; конструктивная огнезащита; пожарная безопасность.

Проведена комплексная оценка температуростойкости [1] и огнестойкости композитных материалов, армированных стекловолокном, на основе изофталевой смолы. Осуществлена серия экспериментальных исследований по моделированию воздействия как открытого пламени, так и источника излучения на образцы композитного материала. Композитные строительные материалы на основе полиэфирных смол являются новыми, поэтому для каждого вида экспериментального исследования использованы существующие методики с дополнениями.

Разработан экспериментальный образец композитной конструкции с огнезащитой для оценки огнестойкости [2,3] на основе профиля полимерного двутаврового, изготовленного на основе изофталевой смолы, непрерывно армированной стекловолокном, с системой конструктивной огнезащиты по [4] с использованием минераловатных тепло-изоляционных плит «Paroc eXtra» толщиной 50 мм и плит отделочных огнестойких «Knauf Fireboard» толщиной 25 мм.

На основании проведенных исследований предложены эффективные огнезащитные облицовки, позволяющие обеспечить требуемую огнестойкость композитных материалов для их использования в качестве конструктивных элементов зданий, оптимизации области применения полимерных композитных материалов, исходя из условия обеспечения пожарной безопасности.

Данные по результатам испытаний использовали для разработки рекомендаций по применению полимерных композитных материалов, армированных стекловолокном, на основе изофталевой смолы, исходя из их огнестойкости. Область применения композитных профилей с конструктивной огнезащитой ограничена использованием в качестве элемента бесчердачного покрытия в зданиях I-VIII степени огнестойкости.

Литература

1. Немец Я., Серенсен С. В., Стреляев В.С. Прочность пластмасс / Я. Немец, С. В. Серенсен, В.С. Стреляев –М.: Машиностроение, 1970. 335 с.
2. ГОСТ 30247.0-94. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. – Введ. 01.10.1998г. – Взамен СТ СЭВ 1000-78. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998. – 16 с.
3. ГОСТ 30247.1-94. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции –Введ. 01.01.1996 – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1996. – 8 с.
4. ТУ ВУ 101208195.002-2013. Технические условия Республики Беларусь. Термостойкие обшивки строительных конструкций – Введ. 24.05.2013 – ООО «ГЕНТАС-М» г. Минск.

©БНТУ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ МАШИН,
ОБОРУДОВАННЫХ ШАГАЮЩИМИ МЕХАНИЗМАМИ****Д.О. ЕВТЯГИН, М.С. ГОРНОСТАЙ, Г.А. БАСАЛАЙ**

The simulation of the crank mechanism pacing shovel. The algorithm of the calculation of trajectories of specific joints

Ключевые слова: экскаватор, шагающий движитель, кривошипный механизм

Объект исследования – шагающий одноковшовый экскаватор.

Цель – повышение эффективности работы горных машин на шагающих движителях, а также снижение энергозатрат при разработке месторождений полезных ископаемых.

Актуальность темы определяется Республиканскими программами по существенному увеличению объемов нерудных полезных ископаемых для производства стройматериалов.

На предприятиях горноперерабатывающей промышленности для добычи полезных ископаемых открытым способом и складирования отходов широко используются полноповоротные одноковшовые экскаваторы и отвалообразователи на шагающих движителях. Экскаваторы представлены в виде драглайнов с длиной стрелы до 75 м и емкостью ковша 6 м³.

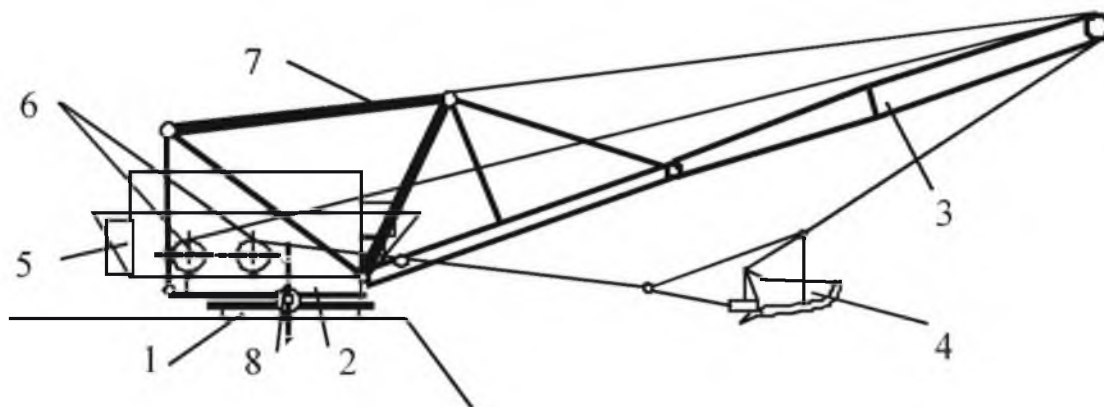


Рисунок – Схема одноковшового экскаватора:
1 - база; 2 - поворотная платформа; 3 - стрела; 4 - ковш (драглайн); 5 - противовес;
6 - тяговые и подъемные лебедки; 7 - подвес стрелы; 8 - механизм шагания

Эти машины представляют собой сложные и массивные электромеханические системы, проектирование и расчет которых в большинстве случаев базируется на исследовании и решении уравнений их движения или равновесия. При составлении уравнений движения и равновесия подобные машины (рис. 1) рассматриваем как механические системы, состоящие из следующих частей: база (абсолютно твердое тело); поворотная платформа (абсолютно твердое тело); механизмы, установленные на поворотной платформе, в том числе стрела (абсолютно твердое тело); канаты, ванты (элементы, связывающие между собой составные части).

При работе машина опирается на основание (базу), а лыжи приподняты над грунтом. В машинах используются кривошипные или эксцентриковые (кулачковые) механизмы шагания. Шагание экскаватора происходит за несколько характерных фаз поворота ведущего звена, т. е. кривошипа. Процесс перемещения базы во время шагания осуществляется достаточно медленно в течение интервала времени 12÷20 с. В результате синхронного поворота кривошипов левого и правого механизмов лыжи подаются вперед и одновременно опускаются до касания с опорной поверхностью. В этот момент нагрузка от массы машины переносится от опорной базы на лыжи. Машина приобретает продольный крен и опирается на третью «точку», т. е. на заднюю кромку (в виде сегмента) опорного круга. После подталкивания машины относительно лыж на один шаг она опускается на опорную базу.

В ходе анализа конструктивных параметров механизмов шагания одноковшового экскаватора авторами разработан алгоритм расчета траектории характерных шарниров и составлена программа, позволяющая изображать в динамике данные траектории.

©ПГУ

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ «ПРОЧНОСТЬ – ТВЕРДОСТЬ» ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ПОРТАТИВНЫХ ТВЕРДОМЕРОВ

Т.Г. ЕРМОЛАЕВА, К.А. КОСТЮРИНА, А.И. КОЛТУНОВ

The aim of this work is to develop a method of determining the grade of reinforcing steel in prestressed structures using portable hardness testers. In this work we also studied the factors that influenced the measurement results, such as the size of the slice surface of the outer layer of rods, surface preparation of a reinforcing bar for measuring the static hardness, the value of the site measurements, the readings changes of a hardness measuring instrument, depending on the depth of the slice

Ключевые слова: обследование строительных конструкций, неразрушающий контроль, класс арматуры, переносные твердомеры, твердость арматурной стали.

Разработка и усовершенствование различных методов и средств контроля состояния железобетонных конструкций жилых и промышленных сооружений, является одним из важнейших направлений в области контроля качества материалов и изделий.

Так при обследовании ранее спроектированных железобетонных элементов зданий и сооружений наиболее трудной задачей является определение параметров стальной арматуры, т. к. она всегда скрыта защитным слоем. Самым сложным в определении и важным для результатов расчета является определение прочности арматурной стали и класса арматуры.

Несмотря на наличие большого спектра приборов для измерения твердости и предварительной обработки поверхности арматуры в полевых условиях, выбор конкретного вида оборудования и определение условий его применения требуют детального изучения.

Для достижения поставленной цели проведены экспериментальные исследования. Они выполнены на образцах из арматурных сталей классов АIIIВ (S240), AIV (S400), AV (S500). На каждом образ-

це проводились испытания на разрывной машине и осуществлялось определение твердости с помощью портативного твердомера статического действия Константа К5У.

Измерения твердости выполнялись на боковой поверхности предварительно отшлифованных образцов, различных диаметров. На каждом стержне производилось по 10 единичных измерений с последующим осреднением значения твердости. Для определения зависимости твердости от величины среза на образцах выполнены шлифы различной глубины. Толщина срезаемого слоя назначалась – 1 мм, 2 мм, 3 мм.

Анализ полученных данных показал, что значения прочности арматуры не равномерны по сечению и имеют максимальные значения у наружной поверхности, поэтому при проведении испытаний в полевых условиях необходимо учитывать величину срезаемого слоя при обработке поверхности.

По результатам проведенных испытаний определена зависимость между прочностью образцов и их временным сопротивлением.

$$\sigma_B = 34 \cdot HR + 50, \quad (1)$$

где σ_B – временное сопротивление образцов, HR – показатель прочности образцов.

Полученные результаты проведенных исследований показывают возможность идентификации класса арматуры по показаниям твердости, определенных с помощью портативных твердомеров. Можно отметить, что использование измерений твердости стали для определенного класса арматуры весьма достоверно и обосновано. Широкий выбор портативных приборов позволяет определять твердость стали в полевых условиях. При использовании данной методики нет необходимости в извлечении образцов, что уменьшает трудоемкость работ по определению класса арматуры путем испытания на растяжение, а также по восстановлению несущей способности поврежденного элемента.

©БНТУ

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ МАШИН НА ШАГАЮЩЕМ ДВИЖИТЕЛЕ

В.А. ЕФИМОВИЧ, Я.Б. НЕВЕРОВСКАЯ, Г.В. КАЗАЧЕНКО, Г.А. БАСАЛАЙ

The analysis of structures and operating conditions of walking spreaders and shovels (dragline), used for the storage of waste rock for the production of potash fertilizers, as well as for stripping deposits of chalk, sand, gravel and other construction materials

Ключевые слова: отвалообразователь, экскаватор, устойчивость, шагающий движитель

Объект исследования – шагающие отвалообразователи и одноковшовые экскаваторы.

Цель – повышение эффективности работы горных машин на шагающих движителях, а также снижение энергозатрат при разработке месторождений полезных ископаемых.

Актуальность темы определяется республиканскими программами по существенному увеличению объемов как производства калийных удобрений для нужд сельского хозяйства нашей республики и поставки на экспорт, так и сырья для производства строительных материалов.

В работе проведен обширный патентно-информационный обзор и анализ источников информации по шагающим отвалообразователям и одноковшовым экскаваторам (драглайнов), применяющихся как для складирования пустой породы при производстве калийных удобрений, так и для вскрыши месторождений мела, песка, гравия и других строительных материалов. Эти машины представляют собой сложные и массивные электромеханические системы, проектирование и расчет которых в большинстве случаев базируется на исследовании и решении уравнений их движения или равновесия. Уравнения движения в зависимости от задач исследований и расчетов могут быть составлены различными способами и в различных формах. Это в полной мере относится не только к самим машинам, но и к различным их частям. В настоящей работе рассматривается и исследуется равновесие опорной базы машины.

При составлении уравнений движения и равновесия рассматриваем подобные машины (рис. 1 и 2) как механические системы, состоящие из следующих частей: база (абсолютно твердое тело); поворотная платформа (абсолютно твердое тело); механизмы, установленные на поворотной платформе, в том числе стрела (абсолютно твердое тело); канаты, ванты (элементы, связывающие между собой составные части).

За основную часть системы выберем базу, а движение остальных частей машины рассматриваем как сложное, включающее переносное (движение базы) и относительное (движение остальных частей по отношению к базе).

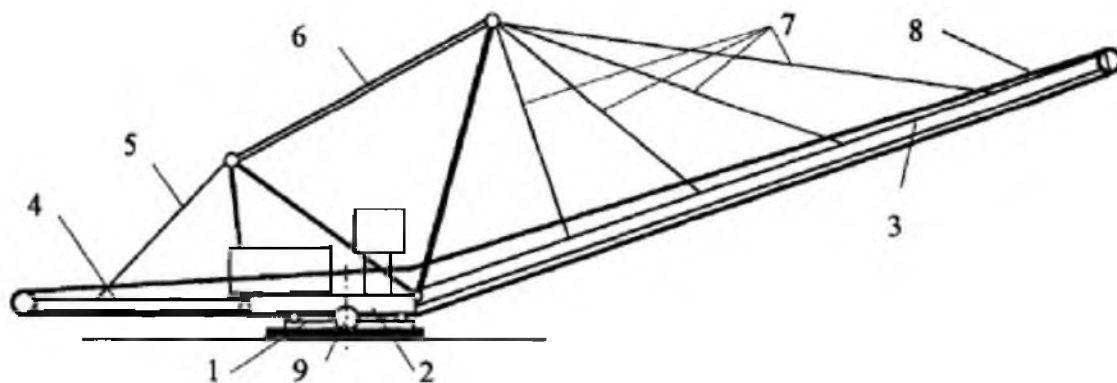


Рис. 1. Схема отвалообразователя:

1 - база; 2 — поворотная платформа; 3 - отвальная консоль; 4 — приемная консоль; 5 - подвес приемной консоли; 6 - подвес стрелы (отвальной консоли); 7 - ванты стрелы; 8 - конвейер; 9 - механизм шагания

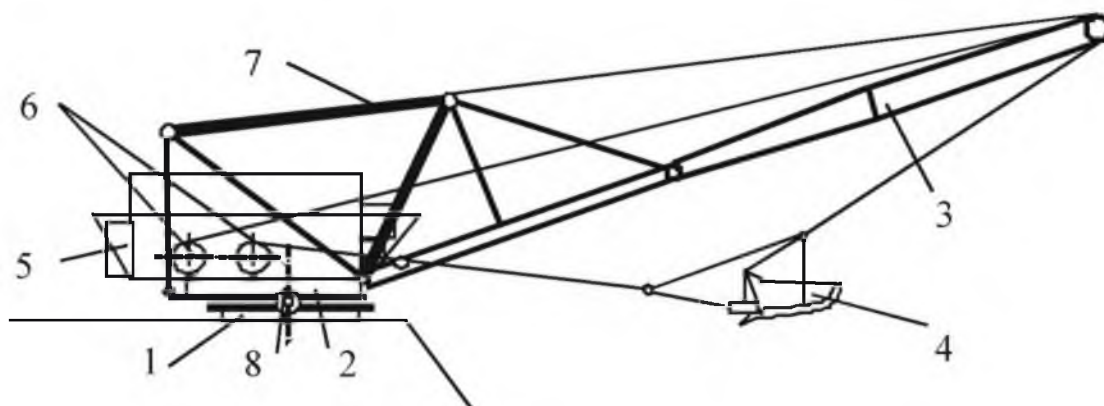


Рис. 2. Схема одноковшового экскаватора:

1 - база; 2 — поворотная платформа; 3 — стрела; 4 - ковш (драглайн); 5 - противовес; 6 — тяговые и подъемные лебедки; 7 — подвес стрелы; 8 - механизм шагания

Опорная база отвалообразователя или экскаватора воспринимает все нагрузки, действующие на машину, и передает их на опорную поверхность. При стационарном режиме работы конвейера эти нагрузки включают силы тяжести, инерционные нагрузки, возникающие вследствие разрушения и перемещения горной массы, находящейся на конвейере или в ковше, а также атмосферные нагрузки (ветер, дождь, снег). Под действием их, как показывает опыт, база совершает малые движения относительно начального положения.

Теоретические исследования и опыт эксплуатации различных образцов отвалообразователей показывают, что в процессе работы этих сложных комплексов, размеры которых достигают сотни метров, могут возникать значительные колебания и динамические нагрузки в элементах конструкции. Поэтому научные и проектные организации уделяют серьезное внимание вопросам динамики отвалообразователей [1, 2].

Особенности использования данных машин в производственных условиях Республики Беларусь изучены авторами во время прохождения производственных практик.

В реальных шагающих отвалообразователях процесс перемещения базы во время шагания осуществляется достаточно медленно в течение интервала времени $12 \div 20$ с, значительно превосходящего период собственных колебаний конструкций этих машин. Поэтому источником вынужденных колебаний являются скорости и ускорения, приобретаемые элементами конструкции в моменты подъема и посадки. Соответствующие расчеты и экспериментальные исследования [2] показывают, что следствием этого являются динамические нагрузки в элементах несущих конструкций, на величину которых влияют жесткости элементов системы.

Авторами совместно с ведущими специалистами Солигорского института ресурсосбережения с опытным производством (СИПР) проведены исследования и разработки полиспаста, в цехах которого освоен выпуск шагающих отвалообразователей и одноковшовых экскаваторов, а в конструкторском бюро ведутся разработки по модернизации машин, а также выполнен анализ методик расчета ветровой нагрузки. Приведены результаты расчета боковой силы ветра на пилон, надстройку, приемную и от-

вальную консоли в зависимости от геометрических параметров силовых элементов. Анализ статической устойчивости дал основание предложить вариант опорной базы в форме кольца.

Предлагаемая опорная база с днищем в виде кольца с соотношением внешнего диаметра днища опорной базы к его внутреннему диаметру в пределах от 1,4 до 2,0 имеет ядро сечения в виде круга значительно большего диаметра по сравнению с диаметром ядра сечения круглого днища опорной базы, при сохранении металлоемкости конструкции опорной базы. Такое конструктивное решение позволяет увеличить размер ядра сечения при взаимодействии днища опорной базы с опорной поверхностью, и тем самым, повысить устойчивость отвалообразователя при эксплуатации на технологической площадке солеотвала.

При этом крен подобных машин как в продольной, так и в поперечной плоскостях, который может быть принят в качестве одного из критериев устойчивости, зависит от величины внешних силовых воздействий и несущей способности материала солеотвала или уступа карьера. Для того, чтобы оценить влияние свойств материала солеотвала на устойчивость шагающих отвалообразователей, в первую очередь, необходимо знать деформации пород, слагающих солеотвалы, под действием нагрузок со стороны базы. Такие деформации могут быть рассчитаны по нескольким зависимостям [3, 4, 5]. Заметим, что все из них предполагают определение модуля Юнга, коэффициента Пуассона и некоторых других характеристик физико-механических свойств солеотвала. Эта часть исследования для получения конкретных результатов требует постановки экспериментов, что запланировано на последующие годы.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы ГБ 01-188 «Обоснование и разработка элементов технологий и оборудования добычи и переработки полезных ископаемых» и реализована в учебном процессе на курсовом проектировании. Результаты работы по модернизации полиспастов отвалообразователей рассмотрены в КБ СИПР и рекомендованы к дальнейшей разработке на экспериментальный образец с целью испытаний на рудниках ОАО «Беларуськалий».

Литература

1. Панкратов, С.А. Динамика машин для открытых горных и земляных работ. / С.А. Панкратов. –М.: Машиностроение, 1967. –448 с.
2. Волков, Д.П.. Динамика и прочность многоковшовых экскаваторов и отвалообразователей. / Д.П. Волков, В.А. Черкасов – М.: Машиностроение, 1969. – 408 с.
3. Опейко, Ф.А. Торфяные машины. / Ф.А. Опейко. –Минск: Выш. Школа, 1960. –418 с.
4. Беккер, М.Г. Введение в теорию систем местность-машина. / М.Г. Беккер. –М.: Машиностроение, 1973. –520 с.
5. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий. – В кн.: Вопросы сельскохозяйственной механики. Том 13. Минск: Урожай, 1965. С.31-64.

©ГГТУ им. П.О. Сухого

МОНИТОРИНГ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

С.А. ЖЕРАНОВ, Н.В. ГРУНТОВИЧ

Monitoring of the current state of energy efficiency of technological process of sheet glass production for the four year period of the enterprise operation is performed. Single-factor and structural models of specific consumption of fuel and energy resources for the production of sheet glass are built; evaluation of the efficiency of putting the new production line into operation is carried out

Ключевые слова: энергоэффективность (ЭЭФ), производство листового стекла, топливно-энергетические ресурсы (ТЭР)

Цель работы: анализ режимов работы производства листового стекла и оценка энергетической эффективности производства с использованием однофакторных моделей зависимости расхода энергоресурса на выпуск продукции и на основе структурных моделей удельных расходов ТЭР на производство продукции в условиях модернизации технологического процесса. Количественная оценка эффективности использования энергоресурсов в условиях переменной технологической загрузки, выявление базисных режимов работы.

На основании реальных производственных данных сформирована суточная статистика по 13 показателям режимов плавки стекла с 2006 по 2013 г. Среди показателей такие как: среднесуточная производительность печи, суточный расход газа, калорийность газа, содержание оксидов углерода в песке, стекле, доломите и другие. Корреляционный анализ показал, что наибольшее влияние на удельный расход энергоресурса оказывает объем выпуска продукции.

Для решения поставленной задачи было решено использовать два подхода (структурные модели удельных расходов ТЭР и однофакторные модели), что позволяет с высокой достоверностью гово-

ритель о полученных результатах. Проведено сравнение результатов по двум подходам и сделаны выводы.

В 2010 г. после ввода в эксплуатацию новой технологической линии Л2 снижение удельных расходов суммарных энергозатрат (газ и электроэнергия) на производство листового стекла составило 29% для производительности 450 т/сут. Достигнутое значение удельного расхода суммарных энергозатрат на уровне 0,24 т у.т/т соответствует лучшим мировым производства листового стекла. Эффективность ремонтных работ линии Л1 по суммарным энергозатратам в максимуме составила 15% (при сравнении одинаковых по производительности режимов 2010 и 2013 г.), а с учетом наращивания объема суточной производительности результирующая энергоэффективность производства листового стекла составила 26%.

За счет роста объема выпуска продукции технологических линий производства листового стекла снижение удельного расхода ТЭР может достичь 20% относительно режимов минимальной производительности.

За счет отладки одинаковых по производительности режимов производства листового стекла снижение удельных расходов суммарных энергозатрат оценивается в 1,5–2%.

Применение двух подходов позволило определить, что самым энергоэффективным является 2012 год.

Расчеты показали, что следует учитывать, что с увеличением времени эксплуатации технологической линии по производству листового стекла снижается ее энергоэффективность из-за старения футеровки печи.

Практическая значимость: возможность использования разработанных подходов, на промышленных предприятиях Республики Беларусь, работающих в условиях частого изменения производственной программы.

©БГАТУ

ПРЕДРЕМОНТНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

И.В. ЗАГОРОДСКИХ, В.Я. ТИМОШЕНКО

Offers hydraulic device can be used to diagnose units hydrostatic transmission speed of pressure drop in the hydraulic unit , as well as the ability to secure the safety valve adjustment axial piston hydraulic motor , which eliminates the possibility of bursting of parts and injuries to persons performing this work

Ключевые слова: диагностирование, гидравлика, предохранительный клапан, давление

1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДРЕМОНТНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АГРЕГАТОВ ГИДРАСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

На *рисунке 1* представлена предлагаемая гидравлическая схема устройства для диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии по скорости падения давления с возможностью безопасной регулировки предохранительного клапана аксиально-плунжерного гидромотора.

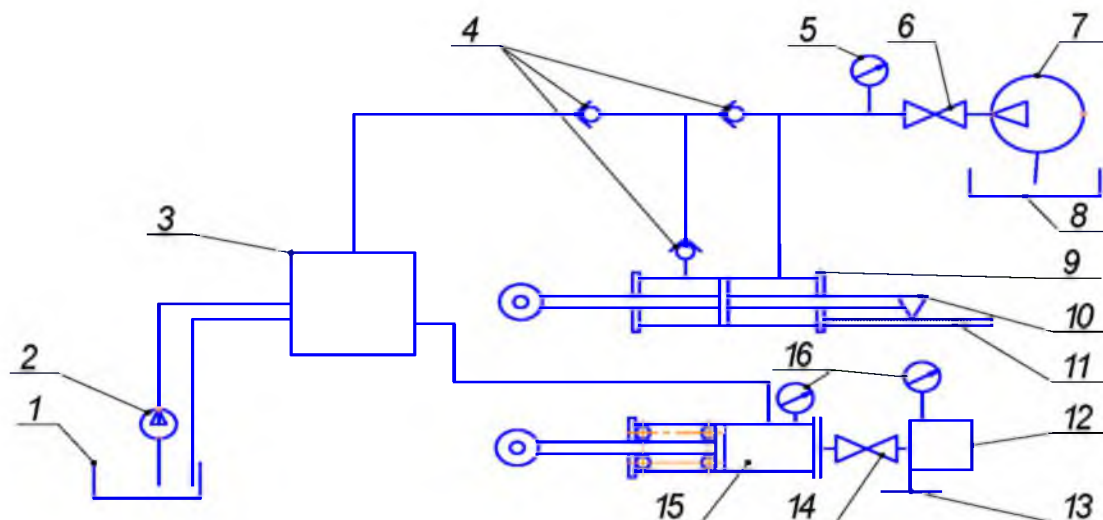


Рисунок 1 – Схема диагностической установки

1 – гидробак; 2 – гидронасос малой производительности; 3 – гидрораспределитель с предохранительным клапаном; 4 – обратные клапаны; 5, 16 – манометр; 6, 14 – кран; 7 – проверяемый агрегат; 8 – емкость; 9 – гидроцилиндр с двумя штоковыми полостями; 10 – указатель; 11 – линейка; 12 – приспособление для регулировки предохранительного клапана; 13 – плита крепления; 15 – гидроаккумулятор.

Суть метода состоит в том, из гидробака 1 рабочая жидкость гидронасосом 2 подается на гидрораспределитель 3, который направляет ее через запорный клапан 4 по трубопроводу в обе полости 2-х штокового цилиндра 9. По достижении давления в обеих полостях цилиндра давления 25 МПа - с помощью гидрораспределителя 3 и крана 6 жидкость запирается в полостях цилиндра. К одной из полостей цилиндра через кран 6 подсоединен проверяемый гидроагрегат. В зависимости от величины внутренних утечек в проверяемом агрегате будет зависеть скорость падения давления жидкости в полостях гидроцилиндра. На одном из штоков гидроцилиндра 9 закрепляется указатель 10, а на его корпусе - мерная линейка 11, по которой измеряется длина хода штока за определенное время. По известным значениям этих величин представляется возможным определить внутренние утечки жидкости в проверяемом агрегате.

Отличительной особенностью является применение 2-х штокового гидроцилиндра и возможность безопасной регулировки предохранительного клапана аксиально-плунжерного мотора вне самого мотора.

В этих целях в устройстве предусмотрен гидроаккумулятор 15. Для регулировки предохранительного клапана с аксиально-плунжерного мотора снимается клапанная коробка 12 и устанавливается на специальное приспособление 13 имитирующее плиту крепления ее к гидромотору, к которому подсоединяется нагнетательный трубопровод от гидронасоса предлагаемого устройства. С помощью распределителя 3 и запорного устройства 14 в гидроаккумуляторе 15 создается давление 40 МПа. Изменяя затяжку пружины предохранительного клапана необходимо добиться давления в системе устройства по манометру 16 равного 36,5 МПа. При такой регулировке клапана гидронасос устройства выключен, что исключает возможность разрыва деталей и травмирования людей, выполняющих эту работу.

©БРУ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЗАПАСАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. ЗАГУДАЙЛО, Т.А. БОРОДИЧ

The task of rational stockpile management of finished goods is very actual for our economy. The existing approaches to stockpile management are limited to creation of ideal models which are difficult for putting into practice. In this regard the system of support of decision-making on stockpile management of the enterprise is offered

Ключевые слова: логистика, управление запасами, система поддержки принятия решений, экономико-математическое моделирование

Предложена концепция системы поддержки принятия решений по управлению запасами производственного предприятия. Разработанный алгоритм позволяет провести адекватный анализ системы управления запасами, выбрать математическую модель для определения оптимального размера запаса с учетом внутренних и внешних ограничений, расставить приоритеты по времени выполнения заказов на производстве.

Новизна предлагаемой системы заключается в обосновании модели определения размера запаса на основании методов теории игр, а также в разработке системы поддержки принятия решений с учетом специфики производственных предприятий на основании теории ограничений.

Преимуществом метода является универсальность, т. е. метод может быть применен для управления запасами любого производственного предприятия. Предлагаемый метод хорошо приспособлен для автоматизации процессов управления запасами и производством в целом. Разработан пользовательский модуль системы поддержки принятия решений по управлению запасами.

Предложена методика формирования статистической реляционной базы данных. Входными параметрами служат данные о заказах на продукцию, заказчиках, остатке готовой продукции, факторах выполнения заказа, сырье и материалах.

Разработан алгоритм анализа и классификации номенклатуры запасов. Предлагается осуществлять группировку всех наименований запасов сырья и производимой продукции в зависимости от характера спроса и степени его прогнозируемости. Используются модифицированные методы ABC и XYZ анализа. Приводится методика уточнения границ ABC-XYZ классификации на основании сравнения результатов эмпирического, дифференциального и аналитического методов.

Описывается алгоритм определения оптимального размера буфера запаса. Предлагается устанавливать значения буфера запаса по каждому виду сырья и готовой продукции, используя методы теории игр. Приводятся модели расчета буфера запаса в условиях стохастического спроса. Для выбора наилучшей стратегии в условиях неопределенности применяются критерии оптимальности Лапласа,

Вальда, Сэвиджа и Гурвица. Приводится методика выбора критерия оптимальности на основании результатов проведенного ABC и XYZ анализа.

Сформулированы правила определения состояния буфера запаса. Предлагается алгоритм управления запасами и расстановки приоритетов по выполнению заказов на основании теории ограничений.

Графический интерфейс разработанной системы поддержки принятия решений отображает весь производственный цикл. У пользователя есть возможность изменять параметры отдельных буферов запаса, а также контролировать ход выполнения заказов, моделируя производственный процесс.

Предложенная система позволяет упростить и автоматизировать процесс принятия решений по управлению запасами, расставить приоритеты по выполнению заказов, минимизировать ущерб в случае отзыва заказа, проводить мониторинг фактического состояния заказа и буфера запаса, существенно снизить уровень запасов, гораздо быстрее реагировать на фактический спрос, а также оценить надежность каналов поставщиков и потребителей.

©БНТУ

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИВодОВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ РАБОТЫ

М.С. ЗАЙЦЕВ, М.П. ДОЛГИХ, Г. А. БАСАЛАЙ

The analysis drives the drill string used to drill rigs for oil and gas. Considered top drive power drill string. The mathematical model of work Tricone bits and pieces of armor constructed path

Ключевые слова: буровая установка, верхний привод, трехшарошечное долото, скважина

Объект исследования – приводы буровых установок

Цель – повышение надёжности приводов буровых колонн, увеличение производительности буровых станков, снижение энергозатрат при строительстве скважин на нефть и газ.

Актуальность темы определяется Республиканской программой по увеличению объемов добычи нефти и попутного газа на месторождениях Припятского прогиба.

В работе проведен теоретический обзор и анализ приводов буровых колонн, применяемых на установках для бурения скважин на нефть и газ.

На нефтяных месторождениях Припятского бассейна в процессе строительства скважин повсеместно применяются буровые станки с нижним приводом. Однако в настоящее время при строительстве скважин во всем мире широко используется современные буровые станки с верхним приводом. В Беларуси в течение последних нескольких лет началось внедрение буровых установок немецкой компании «Bentec». Отличительной особенностью является система верхнего привода (СВП). Верхний привод представляет собой подвижной вращатель с вертлюгом, оснащенный комплексом средств механизации «СПО - силовой вертлюг». СВП обеспечивает выполнение следующих технологических операций:

- вращение буровой колонны при бурении, проработке и расширении ствола скважины;
- свинчивание, докрепление буровых труб;
- проведение спуско-подъемных операций с буровыми трубами, в том числе наращивание буровой колонны свечами и однотрубками;
- проведение операций по спуску обсадных колонн;
- проворачивание буровой колонны при бурении забойными двигателями;
- промывку скважины и проворачивание буровой колонны при СПО;
- расхаживание буровых колонн и промывку скважины при ликвидации аварий и осложнений;
- облегчение спуска обсадных труб в зонах осложнений за счет вращения и промывки.

При бурении скважин на нефть и газ силовой вертлюг выполняет функции крюка, вертлюга, ротора, механических ключей. При его использовании не нужна буровая ведущая труба и шурф под нее, а также намного облегчается труд помощника бурильщика. Вместо наращиваний одиночками можно наращивать буровую колонну трёхтрубными свечами. «Bentec» предлагают СВП как в гидравлическом, так и в электрическом исполнении.

Особенности эксплуатации буровых установок в производственных условиях изучены авторами во время прохождения производственных практик на РУП «ПО Белоруснефть» (210-я Южно-Осташковичская скважина Осташковичского месторождения) в качестве помощников бурильщика,

где производилось бурение одной из самых глубоких на территории Беларуси разведочной скважины на нефть и газ (6700 м) с помощью бурового станка «Bentec». За время прохождения производственной практики авторы принимали непосредственное участие в ликвидации технологических осложнений в процессе строительства скважины.

Также разработаны математические модели работы трехшарошечного долота, оказывающим существенное влияние на надежность и стабильность эксплуатации привода бурильной колонны; построены траектории элементов вооружения, что дает возможность наглядно представлять картину плотности контакта зубков по площади забоя.

©БрГТУ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ИОНОВ ХЛОРА В ЦЕМЕНТНОМ БЕТОНЕ

А.В. ЗАМИРОВСКИЙ, Н.В. ЛЕВЧУК, В.М. ДОБРУНОВА

This research investigates parameters of diffusion penetration in various concrete compositions with low figures of W/C while using super- and hyperplasticizers. Based on approbation of methods ООО «IntelGroup» and NT BUILD 492. The research results and annotation concurring practical realization of these methods are described. The main up-to-date methods are classified and described in the research.

Ключевые слова: эффективный коэффициент диффузии, долговечность бетона, ПАВ.

1. ВВЕДЕНИЕ

На данный момент влияние пластифицирующих и гиперпластифицирующих добавок на диффузионную проницаемость хлорид-ионов в структуре цементного бетона с низким водоцементным отношением исследовано недостаточно. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), адсорбируясь полярными группами на поверхности твердой фазы цементного теста бетонной смеси, создают мономолекулярный слой двойного действия. С одной стороны, ПАВ является гидродинамической «смазкой» на поверхности зерен цемента, замедляющих скорость реакции его гидратации. С другой стороны, ПАВ – нерастворимы в воде, гидрофобизируют поверхность цементного камня бетона [1].

2. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы – разработка и апробация собственных методик исследования диффузионной проницаемости бетона ионами хлора на базе существующих. Получение данных о характеристиках долговечности (на основе эффективного коэффициента диффузии) испытываемых составов.

3. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются параметры диффузионной проницаемости различных составов бетонов с низкими значениями водоцементного отношения при использовании супер- и гиперпластификаторов.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе представлены результаты экспериментальных исследований эффективного коэффициента диффузии ионов хлора в различных цементных составах с применением супер- и гиперпластификаторов (на базе методик ООО «Интел Групп» и NT BUILD 492) [2]. На основании полученных данных можно сделать вывод о влиянии этих добавок на стойкость материала по отношению к агрессивной среде. Так же изложены некоторые замечания касательно практической реализации современных методов определения диффузионной проницаемости бетона хлорид-ионами (в том числе замечания, которые отмечены исследователями УО БрГТУ при проведении собственных испытаний). В апробированные методики внесен ряд изменений и упрощений. Скорректированные методики исследования значительно менее трудоемки по сравнению с оригинальными, что способствует их более широкому внедрению.

Литература

1. Плосконовов В.Н. Методы испытания проницаемости бетона в хлоросодержащих средах в соответствии с требованиями европейских стандартов / Плосконовов В.Н., Добрунова В.М., Замировский А.В., Тур В.В. // Сборник научных трудов: проблемы современного бетона и железобетона / РУП «БелНИИС». - Мн.: СтройМедиаПроект -2013 г. - С.179-198.
2. Замировский, А.В. Методы исследования диффузионной проницаемости ионов хлора в цементном бетоне / А.В. Замировский // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов: в 2 ч. / УО «Брестский государственный технический университет». – Брест, 2014 г. – Ч.1. – С. 136 – 140

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ СОЗДАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Г.А. ЗУБОВ, М.И. ЖАДАН

In article the program library of expansions which comprises all complex mathematical code is designed and designed and allows the user to operate with objects of the three-dimensional world. The library contains the methods operating mathematical objects, processes their interaction and allows to create quickly enough graphic appendices of average complexity, using ready patterns, with an opportunity of connection of physical interactions - impacts, changes of dynamic characteristics, various connections of several objects in one, gravitational interactions. For work with library the programming language C# and a platform for development .NET Framework is used

Ключевые слова: Программная библиотека, трехмерные графические объекты, метод, графические приложения, язык программирования, моделирование

В современной промышленности широко используются различные виды моделирования. Часто важно создать модель, составляющие которой будут изменять свои динамические характеристики, взаимодействовать с другими объектами. Анимация и трехмерное моделирование стали весьма популярными в сфере архитектуры, в компаниях, занимающихся промышленным дизайном. Иногда трехмерные модели комбинируют с фотографиями фактической местности, получая чрезвычайно реалистичную визуализацию здания на запланированном участке [1]. Соответствующее программное обеспечение часто применяется автомобильными дизайнерами для проектирования корпусов, поскольку это позволяет оценить взаимодействие света и тени на контурах транспортного средства.

В инженерной сфере интенсивно используются программы CAD/CAM (автоматизированное проектирование/автоматизированное производство), с помощью которых дизайнерские чертежи можно запрограммировать непосредственно в оборудовании, производящем детали. Однако не всегда такие программные пакеты предлагают описать физические взаимодействия между графическими объектами.

Существует специальная область информатики, изучающая методы и средства создания и обработки изображений с помощью программно-аппаратных вычислительных комплексов – компьютерная графика. В зависимости от способа формирования изображений ее принято подразделять на растровую, векторную и фрактальную. На специализацию в отдельных областях указывают названия разделов: инженерная графика, научная графика, Web-графика, компьютерная полиграфия и прочие. Заметное место в компьютерной графике отведено развлечениям. Рынок игровых программ имеет оборот в десятки миллиардов долларов и часто инициализирует очередной этап совершенствования графики и анимации. Хотя компьютерная графика служит всего лишь инструментом, ее структура и методы основаны на передовых достижениях фундаментальных и прикладных наук: математики, физики, химии, биологии, программирования и других. Поэтому компьютерная графика является одной из наиболее бурно развивающихся отраслей информатики.

В ходе работы сконструирован набор программных библиотек, позволяющих создавать и отображать графические трехмерные объекты. Также, на основе пакета Farsee Physics Engine, разработана модель взаимодействия графических объектов – соударения, изменения динамических характеристик, различные соединения нескольких объектов в один, гравитационные взаимодействия и так далее. Разработанная библиотека позволяет конструировать различные графические модели, используя готовые шаблоны, с возможностью подключения физических взаимодействий и достаточно быстро создавать графические приложения средней сложности. Для работы с библиотекой используется язык программирования C# и платформа для разработки .NET Framework [2].

Литература

1. Samuel R. Buss. 3D Computer Graphics, Cambridge / Samuel R. Buss / Cambridge. – 2003., С. – 304-350.
2. Cawood S. Microsoft XNA Game Studio Creators Guide: An Introduction to XNA Game Programming / Cawood S. / McGraw-Hill Osborne Media, 2007. – 322 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШВЕЙНЫХ ЦЕХОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ

Н.Н. ИВАНОВА, Л.М. ЧОНГАРСКАЯ

Authors define the general structure of a subsystem "technologist", its supply with information, problems of a subsystem and the software of the automated workplace of the technologist are defined

Ключевые слова: швейное производство, технологическая подготовка, база данных, информационные технологии

Для швейной промышленности разработка систем автоматизированного проектирования технологической подготовки производства является актуальной задачей и требует проведения глубоких исследований в области построения технологических процессов изготовления швейных изделий, их проектирования и производства. Внедрение систем автоматизированного проектирования является одним из основных направлений совершенствования работы экспериментального цеха, повышающих качество конструкторско-технологической подготовки.

В настоящее время на рынке имеется множество самых разнообразных отечественных и зарубежных САПР. На первый взгляд кажется, что все они одинаковые. Однако на самом деле системы существенно отличаются друг от друга. Бывает, что с приобретением САПР проблемы предприятия не решаются, а добавляются новые.

В ходе работы определена общая структура подсистемы «технолог», её информационное обеспечение, определены задачи подсистемы и программное обеспечение автоматизированного рабочего места технолога.

Проведен глубокий анализ работы системы автоматизированного проектирования «Eleandr САРР» и даны рекомендации по использованию, адаптации программы и составлению базы данных предприятия.

Было выявлено, что формирование описания технологического процесса и расчет затрат времени должны выполняться на одном рабочем месте. Это наиболее эффективная организация работы, которая позволит снизить затраты времени на технологическую подготовку производства изделия.

Выявлены причины малого использования автоматизации при технологической подготовке производства и необходимость совершенствования информационных технологий в этой области.

Определена наиболее проблемная задача – автоматизация проектирования технологических процессов, требующая решения.

Современное состояние автоматизации технологической подготовки производства требует новых подходов, соответствующих уровню развития информационных технологий, обеспечивающих предприятия единой информационной средой для качественного управления всеми процессами, повышения эффективности производства.

В основу информационного обеспечения подсистемы «Технолог» положены: база данных, а также система методов и средств, предназначенных для централизованного накопления, хранения, обновления, поиска и выдачи пользователю данных в процессе проектирования.

Автоматизированный режим с применением встроенного машинного алгоритма по разделению труда позволит получить несколько вариантов организационно-технологических схем для различных условий организации работы потока.

При создании программы для автоматизированного проектирования технологических процессов устранены недостатки, выявленные при проведенном анализе, что позволило достигнуть оптимальных решений.

© ГГТУ

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА

Е.А. ИЛЬЮЩИЦ, Ю.В. КРЫШНЁВ

The system allows you to remotely control the microclimate parameters (atmospheric pressure, humidity, temperature) of remote objects, and perform a variety of remote control connected devices.

Ключевые слова: микроклимат, дистанционный контроль

Распределённая система дистанционного контроля микроклимата позволяет контролировать микроклиматические показатели, осуществлять телеуправление различными подключёнными устройствами.

Преимущества

- Система может осуществлять свою работу через различные линии связи, в том числе и Интернет, что позволяет располагать контролируемые объекты на любом расстоянии друг от друга.
- При передаче информации через открытые каналы связи применяется шифрование, что обеспечивает высокую защиту информации от кражи, а также от несанкционированного подключения к системе.
- Система позволяет одновременно контролировать и управлять практически неограниченным числом объектов, независимо от географического положения (при использовании соответствующих каналов связи: Интернет, GSM и т.д.).
- Система позволяет быстро и с минимальными затратами вносить изменения в соответствии с требованием конкретного заказчика.

- Система позволяет одному или нескольким операторам работать с удаленными объектами, что в свою очередь, уменьшает материальные затраты по обслуживанию распределенных объектов, а также повышает уровень автоматизации.

Литература

1. Официальный сайт производителей ARM [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.arm.com>- Дата доступа: 01.04.2014.
2. Официальный сайт производителей raspberry [Электронный ресурс] / официальный сайт производителя одно- платного компьютера raspberry- [Великобритания](http://www.raspberrypi.org). 2012. - Режим доступа: <http://www.raspberrypi.org> - Дата доступа: 01.04.2014.

©ПГУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ЗАЛЕЖАМИ

В.А. КАБАК, В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ

The article presented the results of theoretical analysis of interaction of frequency-modulated signals with a hydrocarbon deposit. There are recommendations for the development of the methods of search of hydrocarbon deposits. The results of work can be used in the fields of geophysics, radiolocation, electronic

Ключевые слова: электромагнитная волна, углеводородная залежь, электроразведка

Нефть и природный газ являются одним из основных полезных ископаемых земли. Целью поисково-разведочных работ является выявление, оценка запасов и подготовка к разработке промышленных залежей нефти и газа.

Решение задач взаимодействия электромагнитной волны и углеводородной залежи, находящейся на фоне гетерогенной и полифазной среды связано с учетом сложных физических процессов над залежами углеводородов, условиями их залегания. До недавнего времени электродинамическое описание залегающей неоднородности сводилось к его представлению в виде «тела с конечной проводимостью, погруженного в среду с потерями». В настоящее время существует несколько физических моделей залежей углеводородов, учитывающих миграцию углеводородов в среде над залежами к поверхности Земли. В этом случае воздействие электромагнитных сигналов на такое образование может быть описано как одно- резонансным, так и много- резонансным взаимодействием [1, с. 142; 2, с. 886-894].

В современной электроразведке наблюдается тенденция поиска новых методов, связанных с усложнением методик и технологий, преследующих сокращение времени аттестации контролируемой поверхности и улучшение качественных показателей эффективности. Большое число предлагаемых методов не имеют теоретического обоснования, порой противоречат канонам радиофизики. Все это требует пристального анализа физических процессов, происходящих над залежью углеводородов, конкретизации ее электродинамической модели для обоснования взаимодействия электромагнитных волн с залежью.

В ходе поисково-разведочных работ применяются геологические, геофизические, гидрогеохимические методы, а также бурение скважин, и их исследование.

Наиболее распространенный способ исследования скважин - электрокаротаж. В этом случае в скважину после извлечения бурильных труб опускается на тросе прибор, позволяющий определять электрические свойства пород, пройденных скважиной [3].

Значительная доля поступлений в бюджеты всех уровней развитых стран обеспечивается деятельностью по разработке месторождений полезных ископаемых, среди которых нефтяная промышленность занимает главенствующее положение. При этом все возрастающие потребности стран в добыче ресурсов ведут к неизбежному снижению воспроизводства их запасов. Ситуация усугубляется и высокой долей трудно извлекаемых запасов. Все это потребует открытия новых нефтяных месторождений, применения инновационных методов поиска и разведки залежей, увеличения нефтеотдачи продуктивных пластов.

Литература

1. Денисов, С.Б. Высокочастотные электромагнитные методы исследования нефтяных и газовых скважин // Недра. 1986. С. 142.
2. Хаскинд М.Д. Распространение электромагнитных волн над гиротропной средой // Радиотехника и электроника. 1961. С.886-894.
3. Финкельштейн, М.И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии // 1986.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА МОДИФИЦИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКОЙ

А.И. КАКАШИНСКИЙ, Д.И. МИСЮРОВ, Е.Е. КОРБУТ

The material of the article reflects the results of studies of the effect of complex chemical additive is characterized by a combination of (the accelerating curing and plasticizer) effect on the properties of cement, cement stone and concrete. Possibility of use of products of crushing of concrete scrap as fillers for concrete is considered

Ключевые слова: бетон, цемент, комплексные химические добавки, режимы твердения, зимнее бетонирование

Необходимость осуществления кардинальных мер по экономии и бережливому использованию топливно-энергетических ресурсов, широкого применения отечественных энерго- и ресурсосберегающих конструктивных элементов, материалов и инженерных систем установлена Директивой Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».

В связи с огромным размером современного строительства укладка бетона в сооружения осуществляется круглогодично. Для выполнения бетонных и железобетонных работ в зимнее время необходимо понимать, как влияют отрицательные температуры на процесс твердения бетона. Наиболее опасное замерзание бетона в период схватывания цемента. Снижение энергетических затрат в строительстве с использованием конструктивного цементного бетона непосредственно связано с темпом его твердения, т.е. ростом прочности во времени. Эффективно использование химических добавок в бетон, а в случае зимнего бетонирования – в сочетании с кратковременным разогревом или прогревом.

С целью повышения темпа строительства из монолитного бетона прогревы несущих конструкций начинают и заканчивают при низких положительных температурах (октябрь и апрель месяцы года) и, что естественно, осуществляют при работе в зимний период. В этой связи диапазон температур наружной среды (тнв, °С) для исследований кинетики твердения (роста прочности) бетона с добавкой СН и комплексной на ее основе по варианту малоэнергоёмкой технологии был принят в диапазоне температуры 5...(-20)°С. Температуру разогрева бетона (прогрева) в основном диапазоне 30...50°С.

Оценивая эффективность применения модифицированного бетона для обеспечения энергосберегающей технологии зимнего монолитного бетонирования по данным исследования, приходим к выводу, что бетон с комплексной добавкой $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{C}-3$ обеспечивает прочность в 70 % от проектной за 72 ч твердения при прогреве 2 часа при $t = 40^\circ\text{C}$. И прочность более 90% от проектной за 7 суток твердения, в то время, как бетон без добавок набирает указанную прочность только на 14 сутки твердения.

Рассмотрена возможность использования продуктов дробления бетонного лома, применение которых даёт возможность решать не только экологические, но и экономические проблемы, касающиеся строительной отрасли.

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Н.С. КАРНАУХОВ, А.Г. КАПУСТИН

The questions of improvement of power quality in power systems advanced aircraft through the implementation of best laws regulating the voltage using onboard computers. Under the power quality refers to the following indicators: time control, static control error, the magnitude of the overshoot

Ключевые слова: повышение качества электроэнергии

В работе рассмотрены вопросы повышения качества электроэнергии перспективных воздушных судов путем использования бортовых компьютеров и реализации оптимальных законов регулирования напряжения, что позволяет получить более высокое качество электроэнергии по сравнению с требованиями ГОСТ Р 54573-2010. Разработанная математическая модель канала генерирования электроэнергии переменного тока (КГЭЭ) с бесконтактным синхронным генератором (СГ) и оптимальным цифровым регулятором напряжения обеспечивает проведение исследований ее переходных и установившихся режимов при различных коммутациях нагрузок [1, с. 76-77]. Это позволяет оценить показатели качества электроэнергии КГЭЭ при различных параметрах оптимального цифрового регулятора напряжения (времени запаздывания и периода квантования).

Разработаны и исследованы методика и алгоритм решения задачи оптимизации переходных процессов в КГЭЭ с СГ на основе принципа максимума Понтрягина по критерию максимального быстродействия. Решение данной задачи проведено при использовании нелинейной модели СГ с учетом насыщения его магнитной системы. Показано, что синтезированные по критерию оптимального быстродействия законы регулирования напряжения обеспечивают существенное повышение качества электроэнергии КГЭЭ с СГ как по величине максимальных отклонений напряжения, так по времени переходных процессов и величине статической ошибки. Даны основные рекомендации по реализации синтезированных законов цифровыми устройствами.

Результаты проведенных исследований указывают на целесообразность использования оптимальной цифровой системы регулирования напряжения в КГЭЭ. Реализация синтезированного закона цифровыми средствами обеспечивает, например, в КГЭЭ с генератором ГТЗОНЖЧ12 в нормальных режимах работы уменьшение времени переходных процессов до $(15-22) \cdot 10^{-3}$ с при одновременном уменьшении отклонений напряжения до $(107-122)$ В в динамике и практически устранение статической ошибки [2, с. 119-120]. На основании проведенных исследований показано, что качество электроэнергии в КГЭЭ с оптимальной цифровой системой регулирования напряжения существенно зависит от характеристик элементов системы регулирования. Получены зависимости основных показателей качества электроэнергии (времени регулирования, максимальных отклонений напряжения и статической ошибки) от периода квантования и времени запаздывания элементов цифрового регулятора. Сформулированы требования к элементам контура цифрового регулирования напряжения трехфазного авиационного СГ переменного тока и установлено, что характеристики современных вычислительных устройств позволяют осуществить оптимальное цифровое регулирование напряжения в системе генерирования электроэнергии переменного тока.

Литература

1. Карнаухов, Н.С., Капустин, А.Г. Математическая модель оптимального по быстродействию регулятора напряжения бесконтактного генератора переменного тока. Гражданская авиация: XXI век: сборник материалов VI Международной молодежной научной конференции (10-11 апреля 2014 г.). – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2014. – 323с.
2. Капустин А.Г., Карнаухов, Н.С. Применение лабораторной установки в пакете Simulink & MatLab для проведения исследований переходных процессов в автономной системе генерирования переменного тока. Проблемы современного образования в техническом вузе: материалы III Респ. науч.-метод. конф; Гомель, 31 окт.-1 нояб. 2013 г./М-во образования Респ. Беларусь, ГГТУ им. П.О. Сухого; под общ. ред. А.В. Сычева. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013. – 188с.

© ГГУ

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ К ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА IBM INFOSPHERE DATASTAGE

Д.П. КОВАЛЕВ, Е.И. СУКАЧ

Describes the overall structure of the implementation of data integration system, its main information flows and dependencies, as well as methods for parallel processing

Ключевые слова: хранилища данных, извлечение, преобразование, загрузка

Эффективность работы большинства современных организаций полностью определяется комплексным развитием и совершенствованием их информационной инфраструктуры с использованием современных информационно-аналитических технологий и хранилищ данных. Построить хранилище данных можно без применения специализированного программного обеспечения – достаточно описать ETL-процедуры (Extraction, Transformation and Loading – «извлечение, преобразование и загрузка») и определить расписание их выполнения. Однако это работает, если имеется один источник данных, не планируется в будущем изменять требования к хранилищу и вовлекать в работу новые предметные области и категории пользователей. Подобная ситуация практически не встречается. Поэтому актуально и востребовано использование специализированных продуктов, которые значительно упрощают управление информационно-аналитической системой, а в большинстве случаев являются единственным способом поддержания ее работоспособности.

В работе описывается один из новых подходов к интеграции бизнес-данных, который реализуется с использованием DataStage – основного программного средства в линии продуктов компании Ascential Software, предназначенных для создания корпоративных хранилищ данных. С его помощью осуществляется наполнение хранилища и витрин данных. На всех этапах работы с данными реализуются методы параллельной их обработки, что позволяет повысить скорость и качество их извлечения, трансформации и интеграции.

Конечное решение поставленной задачи это витрина данных – срез хранилища данных, представляющий собой массив тематической, узконаправленной информации, ориентированный на пользователей одной рабочей группы или департамента. Разработанная система интеграции SIW включает 4

домена данных: Staging Area, Conformed Dimension Area, ODS, LD DDM, которые находятся в 2 базах данных.

Главный модуль разработанной системы LD_500_REFERENCE_JobSeq выполняет следующий процесс. Два первых этапа проверяют соединение с DB2 и состояние данных. Далее, следующим блоком отправляется на сервер мониторинга сообщение о начале работы модуля. На последующем этапе реализуется принцип параллельной обработки данных. Начинают параллельно работать две изолированные друг от друга ветки, которые производят последовательно сохранение предыдущих данных, интеграции новых данных и сохранения истории данных. Блок SEQR дожидается завершения выполнения обеих последовательных ветвей для продолжения работы системы, по завершению отправляет на сервер мониторинга сообщение об окончании процесса и электронное письмо, если все выполнено успешно. В случае ошибки на любом этапе выполнения модуля, управление передается этапу Exception_Handler, который отправляет электронное письмо о произошедших ошибках, запускает скрипт, который записывает ошибку в лог и блок Terminator_Activity, останавливает работу всех запущенных модулей и всей системы.

Представленный в работе подход эффективен и применяется при консолидировании бизнес-данных крупных компаний с целью превратить их в надежный, упорядоченный информационный источник позволяющий снизить затраты времени, средств и ресурсов компании, необходимых для расширения и поддержки информационного окружения.

©ГИИ МЧС Республики Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЩЕНИЕМ ПОЖАРООПАСНЫХ ПЫЛЕЙ

А.В. КОЛУНЧИК, А.Л. БУЯКЕВИЧ, Л.И. БУЯКЕВИЧ

Study of the problems related to the handling of fire-dangerous dust was carried out

Ключевые слова: пожароопасная пыль

Точность определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещения зависит от многих факторов и, в первую очередь, от корректности и соответствия методов ее определения.

Анализ методики определения категории по взрывопожарной опасности помещений, связанных с обращением пожароопасных пылей показал, что:

- методика определения расчетного избыточного давления взрыва приведенная в [1] не учитывает ряд свойств пыли (физических, пожароопасных и др.), а также условия образования взрывоопасной смеси пылевого облака, формула определения расчетного избыточного давления взрыва определяет величину давления взрыва (для определения расчетного избыточного давления необходимо учесть атмосферное давление);
- применение такого важного параметра, как масса участвующей во взрыве пыли, имеет много нерешенных вопросов;
- отсутствует прямая зависимость давления взрыва от теплоты сгорания пыли;
- техническим нормативным правовым актом [1] не предусмотрена методика экспериментального определения пыленакопления в помещениях, отсутствует учет наличия легкообрасываемых конструкций с требуемой площадью;
- не рассматриваются все варианты развития взрывов в помещении.

Анализ методики определения категории по пожарной опасности помещений, связанных с обращением пожароопасных пылей показал, что данная методика имеет нерешенные вопросы в части применения ее к мелкодисперсным горючим материалам, а именно:

- как учитывать площадь размещения пожарной нагрузки для горючей пыли, находящейся в емкостном и транспортном технологическом оборудовании;
- как учитывать горючую пыль, находящуюся в закрытом герметичном технологическом оборудовании;
- учитывать ли пыль, отложившуюся на технологическом оборудовании и строительных конструкциях, в качестве переменной пожарной нагрузки;
- отсутствуют сведения по процессу горения пылевидных горючих материалов, т.е. неизвестны основные параметры горения.

Решение выявленных проблем по определению категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений, связанных с обращением пожароопасных пылей, позволит не только обеспечить

соответствующую противопожарную защиту, но и не допустить повышения экономических затрат на решение вопросов обеспечения противопожарной защиты объекта [2].

Литература

1. ТКП 474–2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]. – Полнотекст. информ.-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ 5.0» (680 Мб). – Минск: НПП РУП «Стройтехнорм», 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Исследование проблем определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений, связанных с обращением пожароопасных пылей: отчет о НИР (заключ.) / ГИИ МЧС Республики Беларусь; рук. темы А.Л. Буякевич. – Гомель, 2014. – 73 с. – № ГР 20140114.

© ВА Республики Беларусь

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВОЙ АППАРАТУРЕ ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ

В.Н. КОЛЯДА, В.В. МОКРИНСКИЙ

The potential signal control device is intended for indication of levels of logical «0» and logical «1». Device under control provide power supply. The control device has small dimensions and weight and no peripheral appliances

Ключевые слова: цифровая аппаратура, логический «0», логическая «1», контроль, индикация

Одним из путей улучшения восстанавливаемости пунктов управления (ПУ) является совершенствование технических средств эксплуатации [1], в частности, использование устройства контроля потенциальных сигналов в цифровой аппаратуре.

Цифровая аппаратура ПУ размещается в шкафах, состоящих из блоков типовой конструкции. Основными функциональными элементами каждого блока являются ячейки. Элементная база типовых ячеек – интегральные микросхемы, являющиеся элементами ТТЛ. Потенциальные сигналы цифровой аппаратуры ПУ: уровень логического «0» – не более 0,4 В; уровень логической «1» – от 2,4 до 5 В [2]. Возможно особое состояние, когда напряжение оказывается вне границ логического «0» и логической «1» – неопределенная область.

Одна типовая ячейка цифровой аппаратуры ПУ предполагает контроль нескольких десятков потенциальных сигналов уровней логических «0» или «1» при техническом обслуживании и текущем ремонте. В одном типовом блоке количество таких сигналов может быть больше 1000, а в одном шкафу – свыше 10000 [3].

По принципу действия устройство контроля потенциальных сигналов в цифровой аппаратуре ПУ является логическим пробником [4]. Анализ логических пробников дал четкое понимание и направление работы при разработке устройства контроля потенциальных сигналов в цифровой аппаратуре ПУ. Основные требования – это простота и универсальность.

Разработаны структурная и принципиальная схемы устройства контроля потенциальных сигналов. Устройство содержит: входной каскад, два эмиттерных повторителя, инвертор, дешифратор и схему индикации.

Экспериментальное исследование предлагаемых решений путем электронного моделирования с помощью программы Electronics Workbench [5] позволило проверить работоспособность принципиальной схемы в соответствии с заданными требованиями, а также выбрать элементы. Выбранные элементы позволили сконструировать малогабаритное и экономичное устройство с питанием от контролируемой аппаратуры.

Проведено экспериментальное исследование предлагаемых решений путем физического моделирования [6]: монтаж электрической цепи с применением реальных комплектующих элементов и проведение испытаний с использованием штатной контрольно-измерительной аппаратуры. При этом окончательно подобраны номиналы резисторов для настройки порогов верхнего и нижнего уровней и определен полный перечень элементов принципиальной схемы устройства.

Устройство смонтировано на печатной плате, помещено в малогабаритный корпус «карманного» размера, легко удерживается одной рукой, не имеет дополнительной комплектации и прошло проверку на работоспособность на цифровой аппаратуре ПУ.

Литература

1. Основы эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. В.Ю.Лавриненко. М.: Высшая школа, 1978.
2. Справочник по интегральным микросхемам / Под ред. Б.В.Тарабина. М.: Энергия, 1981.
3. Ячейки типовые. Техническое описание.
4. Халоян А.А. Измерительные пробники. М: Журнал «Радио», 2003.
5. Клопов С.В., Сергеев Ю.А. Электронное моделирование электрорадиоцепей. Ч. 1. Общие сведения о программе Electronics Workbench. Минск: ВА РБ, 2004.
6. Налтмов В.В. Теория эксперимента. М.: Радио и связь, 1971.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» С ЖЕСТКОЙ РАМОЙ

Д.А. КОНОНОВИЧ, В.А. СИМАНОВИЧ, С.П. МОХОВ

In the forest industry widely used in hauling wood found wheeled skidders. In Belarus release skidders are engaged engineering companies as ОАО "MTZ" and ОАО "Amkodor". The main performance benefits of wheel skidders before the caterpillar is the rate of logging, good maneuverability and high reliability. Skidding wood is carried out on soils with low bearing capacity which is a loss of patency and slipping skidder. Therefore, a hot topic of research is to increase the permeability of skidders in various operating conditions

Ключевые слова: трелевочный трактор, технологическое оборудование, щит, гидроцилиндр, опорное устройство

Тракторы, применяемые на трелевке древесины, подразделяются на специализированные и общего назначения. У специализированных тракторов имеется специальное технологическое оборудование для сбора пачки деревьев или хлыстов и перемещения их в полупогруженном или полуподвешенном положении на погрузочный пункт. Кроме того, специализированные трелевочные тракторы более приспособлены к лесной среде благодаря специальной конструкции ходовой части.

Основным трелевочным трактором эксплуатирующимся в лесной промышленности является ТТР-401, выпускающийся на отечественном машиностроительном предприятии ОАО «МТЗ». Трелевочный трактор предназначен для сбора сортиментов, хлыстов и деревьев при выборочных рубках, рубках ухода за лесом, а также для штабелирования сортиментов.

На трелевочном щите устанавливается разработанное опорное устройство, состоящее из балансирующего устройства, гидроцилиндра и опорных колес. При движении трактора в порожнем состоянии опорное устройство находится в транспортном режиме, опускается устройство в случае буксования трактора или при трелевке древесины.

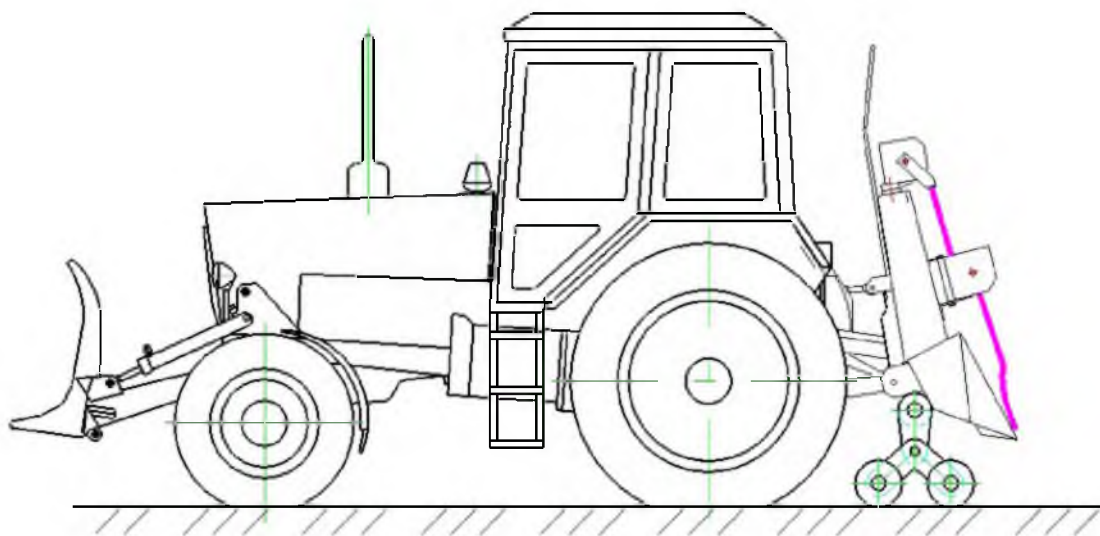


Рис. 1 – Общий вид трелевочного трактора с опорным устройством на трелевочном щите

При работе такой конструкции транспортного средства для сбора и трелевки древесины значительно снижается повреждение поверхностного слоя грунта с растительностью, что приводит к быстрому восстановлению биологического разнообразия. Такая конструкция позволяет снизить нагрузки на поверхностный слой при преодолении труднопроходимых участков волока при трелевке. Одновременно достигается эффект совершенствования конструкции и повышение производительности работ на трелевке на 12...18%.

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

О.О. КОРНИЕНКО, Е.Л. ЗИМИНА

The work purpose is research of assortment of the basic and fastening materials applied to manufacturing of special clothes, an estimation and methods of an estimation of quality of manufacturing of clothes from special materials. Introduc-

tion area is use of results of research, as scientific base, by working out of technology of connection of details of special clothes by threads.

Ключевые слова: специальная защитная одежда, соединение деталей одежды, материал с покрытием, ниточные соединения одежды, качество ниточных соединений

Выпуск технических материалов третьего поколения на основе стекла, кремнезёмных волокон, огнестойкого волокна «арселон» с металлизированным покрытием в последние годы становится всё более актуальным. Это связано в первую очередь с их все большим применением при изготовлении защитной одежды сварщиков, пожарных, рабочих газовой и нефтеперерабатывающей промышленности. Для скрепления деталей при изготовлении такого рода одежды используются дорогостоящие огнестойкие скрепляющие материалы преимущественно импортного производства, шовные свойства которых зачастую неизвестны и не изучены.

С целью разработки рациональных режимов ниточных соединений деталей защитной одежды из материалов с металлизированным покрытием, проведен ряд испытаний.

Проведены экспериментальные исследования влияния острия заточки швейной иглы на разрывную нагрузку образцов и раздвижку в швах. Испытания показали, что наиболее высокие показатели по разрывной нагрузке наблюдаются у образцов прошитых иглами с ромбовидным острием – DI и с правосторонним острием – LR. По раздвижке в швах наиболее высокие показатели у образцов, прошитых иглами с трехгранным острием – D и ромбовидным острием – DI. Самые низкие показатели наблюдаются при использовании игл с острием «лопатка» – S.

Так же установлено, что промазывание полиуретаном швов увеличивает разрывную нагрузку на 24%, а сваривание – на 17%. Раздвижка в швах при промазывании увеличивается на 109%, а при сваривании – на 14%.

Количество сложенных в нити увеличивает ее разрывную нагрузку, а следовательно уменьшает обрывность при стачивании.

Полученные результаты позволили установить, что оптимальными параметрами стачивания являются:

- применение иглы №120 с трехгранной формой заточки острия,
- нитки Coats Kevlar Special, Coats Flame Master, Coats Firefly в три сложения.

В дальнейшем планируется провести исследования влияния частоты стежка, скорости вращения главного вала и других параметров на качество ниточных соединений тканей специального назначения, имеющих полимерное покрытие.

©БНТУ

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЯРКОСТИ ФОНА

А.В. КОСТУСЕВ, Н.К. АРТЮХИНА

Author of this work considers the synthesis and design of optical circuits of instruments for measuring bright background. These devices are used on runways for determining the meteorological visibility. The calculations can be used in the manufacture of devices for measuring the brightness of the background

Ключевые слова: измеритель яркости фона, яркость фона, оптические системы

В работе рассмотрена актуальная проблема современного оптического приборостроения по созданию новых измерительных приборов, ориентированных на внутренний и внешний рынки. Развитие авиаоборудования невозможно представить без модернизации и введения в эксплуатацию новых приборов. Остается актуальным обеспечение безопасности на взлетно-посадочных полосах (ВПП), которое требует непрерывного контроля и регулирования ряда параметров, примером которых может служить яркость фона [1]. При отклонении этих параметров от оптимальных значений могут возникнуть чрезвычайные ситуации при контроле над полетами авиатехники.

Цель работы – разработка алгоритма и методики расчета оптических линзовых объективов приборов для измерения яркости фона с целью минимизации aberrаций в них; исследование и синтез оптических схем приборов для измерения яркости фона и практическая реализация объективов с заданной концентрацией энергии в пятне рассеяния на площадке фотоприемника измерителя.

В работе рассматриваются методики расчета линзовых объективов применяемых в измерителях яркости фона. К данному типу приборов предъявлены следующие технические характеристики: диапазон измерений яркости фона должен быть от 10 до 20000 кд/м², дискретность показаний 1 кд/м². Пределы допускаемой относительной погрешности ±15 %.

Рассчитаны оптические системы на основе одиночной линзы, двухкомпонентного линзового объектива и линзы с асферической поверхностью, проведен их сравнительный анализ, который показал,

что концентрация энергии для одиночного компонента в плоскости наилучшей установки составила 86,96%, для двухкомпонентного объектива – 91,48%, для объектива с асферической линзой – 94,05%. В процессе исследования были задействованы для оптимизации ряд программных сред, таких как «Opal», «Zemax».

Данные оптические системы технологически адаптированы и соответствуют требованиям по качеству изображения и габаритным размерам.

Перспективы проведенной работы состоят в дальнейшем усовершенствовании образца измерителя яркости фона, выпускаемого предприятиями оптической отрасли, в части определения значений параметров яркости фона. Развитие работ по разработке данного изделия позволит создать конкурентоспособный образец прибора на отечественном и международном рынках.

Литература

1. Требования к составлению климатического описания аэродрома. Руководящий документ. РД 52.27-2007, 35 с.
2. Артюхина Н. К., Костусев А. В., Прибор определения метеорологической дальности видения. - Материалы 6-ой Международной научно-технической конференции «Приборостроение –2013», Минск, 2013 г.
3. Бочарников Н.В., Брылев Г.Б., Метеорологическое оборудование аэродромов. – Спб., «Ирам», 2003 г. – 592 с.

© ГГУ

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ-ТРЕХПОЛЮСНИКОВ

А.А. КРАСОВСКАЯ, Е.И. СУКАЧ

The paper describes an approach for assessing the reliability of a complex system with three terminal nodes. The technique provides a precise definition of probabilistic estimates of system reliability in the form of probability vectors resulting states. Formed vectors allows to obtain probabilistic evaluation of the test indicator of reliability for different combinations of poles specified

Ключевые слова: надежность систем, системы-трехполюсники, вероятностные характеристики, состояния надежности

Одним из наиболее универсальных способов формализации многоэлементных структурно-сложных систем являются графы $G(K, N)$, вершинам которых ставятся в соответствие элементы $K = \{K_i\}, i = \overline{1, m}$, имеющие вероятностные параметры надежности, а ребрам – связи между этими элементами $N = \{N_v\}, v = \overline{1, l}$. Такое представление многоэлементных систем позволяет рассмотреть их как сетевые структуры и применить для оценки их надежности различные математические методы [1], которые учитывают вероятностную природу надежности элементов, однако работают в предположении одной начальной (вход) и одной конечной вершины (выход). В работе предлагается способ вероятностной оценки надежности структур-трехполюсников, разработанный в рамках вероятностно-алгебраического подхода [2] и позволяющий путем объединения полученных структур оценить надежность многоэлементных систем большой размерности, имеющих один вход и один выход.

Исходными данными для расчета являются вероятностные характеристики надежности элементов сетевой структуры-трехполюсника $G(K, N)$, для которой определены три терминальные вершины (полюса) N_1, N_2, N_3 . Предполагаются, что элементы исследуемой системы могут находиться в двух состояниях $S = \{S_j\}, j = \overline{1, 2}$ (работа, отказ) с заданными вероятностями:

$$S = \begin{cases} S_1, & \text{с вероятностью } q_i \\ S_2, & \text{с вероятностью } (1 - q_i) \end{cases} \quad (1)$$

Ставится задача определения вектора вероятностей состояний надежности исследуемой структуры, имеющей три входа/выхода:

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_5), \sum_{j=1}^5 p_j = 1. \quad (2)$$

Результирующий вектор (2), характеризующий надежность системы, имеет размерность 5, что соответствует 5 возможным состояниям $S = \{S_j\}, j = \overline{1, 5}$, определяющим уровни надежности системы и описывающим различные варианты ее работы. В графе им соответствует множество компонент связности.

Способ обеспечивает определение точных вероятностных оценок надежности сетевых структур-трехполюсников с ограниченным числом элементов ($K \leq 20$). Для систем специальной структурной

организации, рассмотренной в работе, возможен расчет надежности, не имеющий ограничений на число элементов.

Литература

1. Sahinoglu M. Network reliability evaluation / M. Sahinoglu, R. Benjamin // Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, Volume 2 March/April 2010. – P.189–211.
2. Сукач Е.И. Метод вероятностно-алгебраического моделирования надежности функционально-сложных систем / Е.И. Сукач // Информатика. – 2010. – №3. – С.18–30.

© БГАТУ

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ИХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.С. КУРЬЯН, А.Р. САВЛУК, Н.Н. РОМАНЮК

In article questions of complex mechanization and automation of productions, eliminations of manual loading and unloading works and an exception of hard manual skills when performing the main and auxiliary technological operations are considered. The original designs of the multidriving tape conveyor and device for catching of its tape in case of its break allowing to increase safety and reliability of operation of conveyors are presented

Ключевые слова: конвейер, лента, обрыв, перемещаемый груз, надежность.

В создании материально-технической базы Республики Беларусь значительную роль играет подъемно-транспортное машиностроение, перед которым поставлена задача внедрения во всех областях народного хозяйства комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, ликвидации ручных погрузочно-разгрузочных работ и исключения тяжелого ручного труда при выполнении основных и вспомогательных технологических операций. Все это указывает на необходимость увеличения производства прогрессивных средств механизации подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ, в том числе грузоподъемных машин с дистанционным и программным управлением, подвесных конвейеров с автоматическим адресованием грузов и автоматизированного оборудования для складов. Современные поточные технологические и автоматизированные линии, межцеховой и внутрицеховой транспорт требуют применения разнообразных типов подъемно-транспортных машин и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность производственных процессов. Именно поэтому подъемно-транспортное оборудование в настоящее время играет уже не вспомогательную роль в производственном процессе, а превращается в один из основных решающих факторов, определяющих эффективность современного производства. Насыщенность производства средствами механизации трудоемких и тяжелых работ, уровень механизации технологического процесса определяют собой степень совершенства технологического процесса.

В БГАТУ разработана оригинальная конструкция многоприводного ленточного конвейера [1], представленного на *рисунке 1*.

Многоприводной ленточный конвейер содержит раму 1, загрузочное 2 и разгрузочное 3 приспособления, бесконечно замкнутый на приводном 4 и натяжном 5 барабанах контур ленты, содержащий грузонесущую 6 и нерабочую 7 ветви. Внутри контура ленты 6, 7 вдоль ее продольной оси размещен бесконечно замкнутый на совмещенном с приводным барабаном 4 приводном шкиве и расположенном в хвостовой части конвейера неподвижном концевом блоке 8 тяговый контур 9 из двух стальных проволочных канатов 10 и 11 круглого поперечного сечения. Тяговый контур 9 размещен с возможностью опирания канатов 10 и 11 на грузонесущей ветви 6 ленты на закрепленные на расположенных своими осями симметрии перпендикулярно направлению движения с возможностью вращения в радиальных подшипниках 26 горизонтальных валах 27 ролики 12 и 13 с ребордами, с возможностью их взаимодействия с боковыми кромками стальных проволочных канатов 10 или 11. При этом ширина b роликов 12 и 13 принята равной двойному диаметру d канатов 10 и 11 ($b=2d$). Борты ленты на ее грузонесущей ветви 6 опираются на расположенные своими осями симметрии перпендикулярно направлению движения груза наклонные ролики 14 и 15 с формированием желобчатого профиля ленты в поперечном сечении, а на нерабочей ветви 7 - на ролики 16. При этом ролики 14, 15 для опирания грузонесущей ветви 6 ленты и ролики 12 и 13 верхней ветви тягового контура 9 канатов 10 и 11 размещены со смещением друг относительно друга по длине конвейера.

По длине конвейера между верхней и нижней ветвями канатов 10 и 11 размещены кинематически связанные с приводными блоками 17 и закрепленные на одном валу 18 промежуточные приводные шкивы 19 и 20 с ребордами с возможностью их огибания на углы в 360° канатами 10, 11 верхней 21 и нижней 22 ветвей тягового контура 9. При этом точки набегания канатов 10 и 11 верхней ветви 21 тягового контура на промежуточные приводные шкивы 19 и 20 расположены со стороны неподвижного концевой блока 8 (и натяжного барабана 5), а точки набегания канатов 10 и 11 нижней ветви 22 тягового контура на приводные шкивы 19 и 20 расположены со стороны приводного барабана 4 с го-

ловным приводным шкивом. Рабочая поверхность промежуточных приводных шкивов 19 и 20 выполнена с футеровкой из пластика, поливинилхлорида или полиуретана. Расположенный в хвостовой части конвейера концевой блок 8 в виде двойного шкива для канатного тягового контура 9 снабжен винтовым натяжным устройством с возможностью его смещения относительно рамы 1 конвейера. Ширина a приводных шкивов 19 и 20 принята равной четырехкратному диаметру d стального проволочного каната ($a=4d$). Контур ленты 6, 7 может быть снабжен натяжным устройством 23 тележечно-го приводного, грузового или комбинированного типов, связанным с натяжным барабаном 5. 24 - транспортируемый груз, 25 - направление движения грузонесущей ветви 6 конвейерной ленты. Канатами 10 и 11 нижней ветви 22 тягового контура 9 огибаются все промежуточные приводные шкивы 19, 20 со стороны головного приводного шкива. Жёстко закреплённые на валах 28 наклонные ролики 14 и 15 опираются на радиальные подшипники 29. В своей нижней части валы 28 наклонных роликов 14 и 15 опираются с возможностью вращения на упорные подшипники 30. Проходящие сквозь упорные подшипники 30 нижние концы валов 28 наклонных роликов соединены с выходящими за пределы радиальных подшипников 29 внешними концами валов 27 роликов 12 и 13 с ребрами шарнирными муфтами 31.

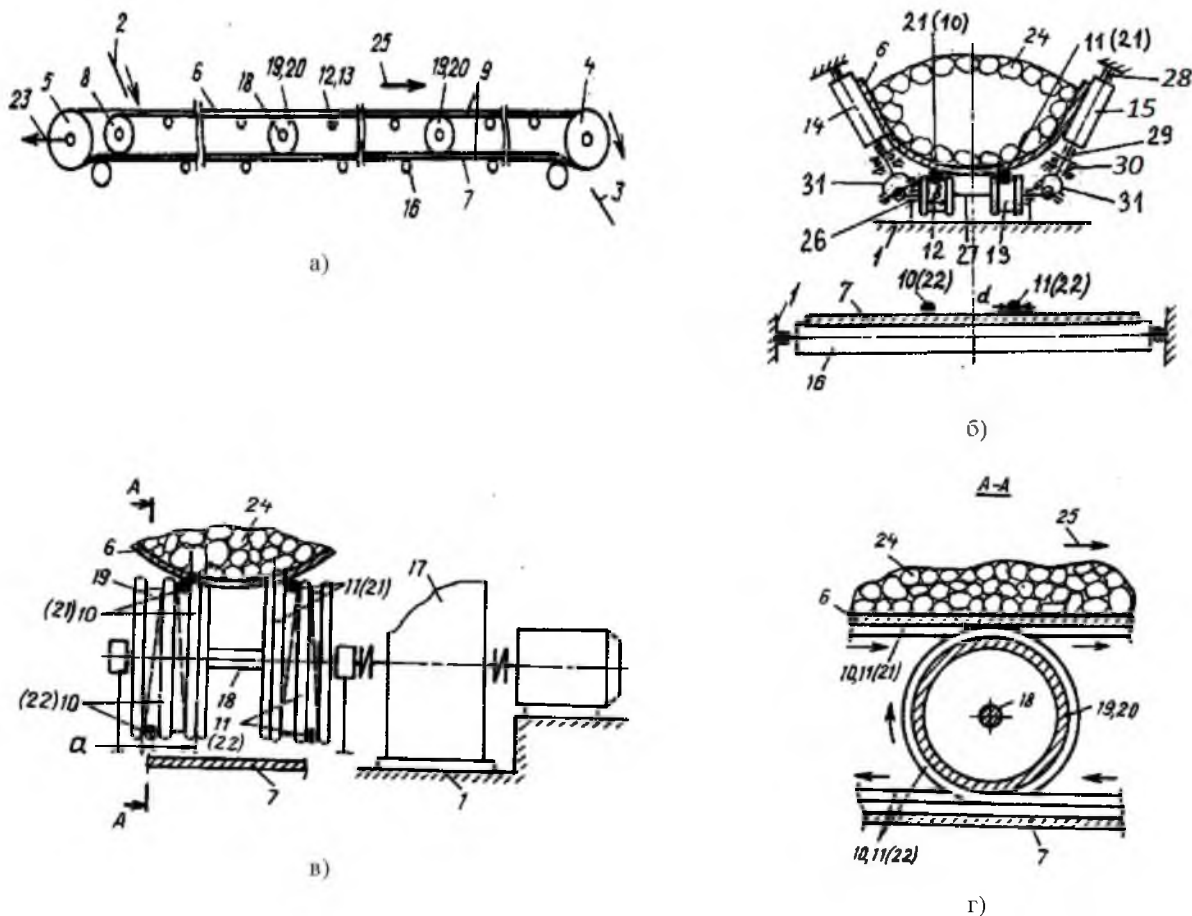


Рис. 1 – Многоприводной ленточный конвейер
а) - продольный разрез, б) - поперечное сечение средней части конвейера,
в) - поперечный разрез по оси промежуточного приводного и натяжного шкива, г) - разрез А-А

Многоприводной ленточный конвейер работает следующим образом.

Расстановка промежуточных приводных шкивов 19 и 20 по длине конвейера осуществляется в зависимости от расчетной нагрузки от грузонесущего контура - конвейерной ленты 6, 7 с транспортируемым грузом 24, и максимально допустимой нагрузкой на канаты 10 и 11 тягового контура 9 при заданном их диаметре. С помощью винтового натяжного устройства концевой блока 8 обеспечивается предварительное натяжение канатов 10 и 11 тягового контура 9. При вращении совмещенного с приводным барабаном 4 головного приводного шкива и промежуточных приводных шкивов 19 и 20, кинематически связанных с приводными блоками 17 и закрепленных на одном валу 18, тяговое усилие от них передается стальным проволочным канатам 10 и 11 верхней ветви 21 тягового контура 9. Необходимая для обеспечения расчетного тягового усилия, реализуемого промежуточными приводными шкивами 19 и 20, величина натяжения канатов 10 и 11 в точках сбегания с каждого промежуточного приводного шкива обеспечивается смежным по ходу движения 25 грузонесущей ветви 6 лен-